FIZIK



Abraham S. Kaspe





NATIONAL YIDDISH BOOK CENTER
AMHERST, MASSACHUSETTS
413 256-4900 | YIDDISH@BIKHER.ORG
WWW.YIDDISHBOOKCENTER.ORG



MAJOR FUNDING FOR THE
STEVEN SPIELBERG DIGITAL YIDDISH LIBRARY
WAS PROVIDED BY:

Lloyd E. Cotsen Trust
Arie & Ida Crown Memorial
The Seymour Grubman Family
David and Barbara B. Hirschhorn Foundation
Max Palevsky
Robert Price
Righteous Persons Foundation
Leif D. Rosenblatt
Sarah and Ben Torchinsky
Harry and Jeanette Weinberg Foundation
AND MEMBERS AND FRIENDS OF THE
National Yiddish Book Center



The *goldene pave*, or golden peacock, is a traditional symbol of Yiddish creativity. The inspiration for our colophon comes from a design by the noted artist Yechiel Hadani of Jerusalem, Israel.

CASPE, A. c/2

Fizik.

[illegible]
Illustrated.

New York: [illegible]
[illegible]

אַרבייטער רינג ביבליאָטעק

II.

פיזיק

(מיט בילדער)

פון דר. אב. קאַספּע

ארויסגעגעבען פון דער
עדיוקיישאנאל קאָמיטע פון ארבייטער רינג.

ניו יארק, 1916.



פ י ז י ק

אינהאַלט:

איינפאכע מאשינען

איינלייטונג.

די געשיכטליכע אונטערזוכונגען וועגען דעם אָנפאנג פון פיעלע וויסענשאפטען האָבען בעוויזען אז כמעט אלע פון זיי זיינען נאטירליכער ווייזע אויסגעוואקסען פון דעם מענשען׳ס פּראַקטישע בעשעפטיגונגען, פון זיינע פערשיעדענע ארבייטען. נעהמט אפילו אזא אבסטראַקטע וויסענשאפט ווי מאטעמאטיק, און וואָס בעווייזט אונז די געשיכטע וועגען גאָר די ערשטע צייטען, וועגען די ערשטע שפורען אין דער ענטוויקלונג פון דיעזער וויסענשאפט? דער מענש, ווי די געשיכטע בעווייזט אונז, האָט אנגעהויבען אריפמעטיק מיט דעם, וואָס ער האָט זיך גענומען אויסרעכנען וויפיעל פינגער ער האָט אין די הענט און אין די פיס. ניט לייכט איז דאָס אָנגעקומען דעם מענשען ביז ער האָט דערגרייכט די שטופע פון וויסען נור די צאָהל פון די פינגער און צו פערשפרייטען זיין מעהר ערוואַרבענעם וויסען וועגען אַזאַ וויכטיגען ענין צווישען די נאָהענטע מענשען, וואָס האָבען נאָך ניט דערגרייכט אזא שטופע פון ענטוויקלונג.

וואָס זיינען די ערשטע שפורען פון דער וויסענשאפט געאָמעטריע? געאָמעטריע הויבט זיך אָן מיט דעם מענשליכען פערלאַנג אויסצוגעפינען די לייננג פון זיינע הענט, די מאָס פון זיין פוס, די לייננג פון אַ טראָט, ווען ער צושפּרייט זיינע פיס, אָדער די לייננג פון שפּאַן, ווען ער צושפּרייט דעם גראָבען פינגער.

אין דער שפּראַך זיינען נאָך פערבליבען די נעמען פון דיעזע פּרימיטיווע מאָסען. א פוס, א שפּאַן, און אייל (דאָס שטאַמט וואַרשיינליך פון דעם וואָרט עלענבויגען, דאָס הייסט די לענג פון דעם מענשענ׳ס עלענבויגען ביז די שפּיצען פון זיינע פינגער), אָט דיעזע לעבענדיגע טהיילען פון זיין קערפּער האָט דער פּרימיטיווער מענש געברויכט אלס די ערשטע געצייג צו מעסטען אנדערע זאכען, אפילו

שטיקער לאנד אויף. דערפון איז שפּעטער אויסגעוואַקסען די וויסענשאַפט געאָמעטריע, וואָס דער טייטש פון דעם גריכישען וואָרט איז די וויסענשאַפט פון ערד־ אָדער לאַנד־מעסטען.

אזוי איז פון גראָז־קלייבען און גערטנעריי אויסגעוואַקסען די וויסענשאַפט באָטאַניקע. עלטער פון דער סיסטעמאַטעזירטער וויסענשאַפט זאאָלאָגיע (די וויסענשאַפט וועגען חיות) איז דאָס ניט סיסטעמאַטיזירטע וויסען פון דעם פּרימיטיווען יעגער, פון דעם פישער, און פון דעם פּאַסטוך. אזוי קענען מיר מיט רעכט אָנציינען אויף דעם פּרימיטיווען שמיד ווי אויף דעם עלטעסטען מעכאַניקער און פיזיקער. אויף דעם ערד־אַרבייטער און גערטנער ווי דעם ערשטען באָטאַניקער, אָדער אגראנאָם. דער ערשטער זאָאָלאָג איז געווען דער יעגער, דער ערשטער געאָגראַף און געאָלאָג דער מאַטראָס, די ערשטע היסטאָריקער זיינען געווען די אַלטע פאָלק'ס דיכטער, די ערשטע דאָקטוירים זיינען געווען די פּרימיטיווע מכשפים, חרטומים אין מצרים, די מעדעצין מענער ביי די אַמעריקאַנישע אינדיאַנער, א. ז. וו.

די בעקאַנטשאַפט מיט דער געשיכטע פון וויסענשאַפטען איבערצייגט אונז, אַז אַלע וויסענשאַפטען אָהן אויסנאַהמע, אפילו די נייעסטע וויסענשאַפטען, ווי פּסיכאָלאָגיע און סאָציאָלאָגיע, האָבען זיך אָנגעפאַנגען פון די איינפאַכע, זאַכליכע קאָנקרעטע ערפאַהרונגען, ניט פון אַבסטראַקטע געדאַנקען, ניט פון פעסטגעשטעלטע פּרינציפּען. וואָס קען זיין מעהר אבסטראַקט ווי געאָמעטריע אָדער מאַטעמאַטיקע? און דאָך ציינט אונז דאָס עלטעסטע בוך איבער געאָמעטריע און מאַטעמאַטיקע, א בוך וואָס מען האָט ניט לאַנג געפונען אין מצרים, דער פּאַפּירוס פון אַהמעס, וועלכער איז פערפאַסט געוואָרען ניט ווייניגער ווי דריי טויזענד מיט זעקס הונדערט יאַהר צוריק, אז אין יענע אַלטע צייטען, אין די ערשטע יאַהרען פון דער ענטוויקלונג פון מאַטעמאַטיקע און געאָמעטריע, זיינען זיי ווייט ניט געווען אַזעלכע אבסטראַקטע וויסענשאַפטען ווי זיי זיינען געוואָרען אין די שפּעטערע צייטען. אין די ערשטע אַבטיילונגען אָט פון דעם מערקווירדיגען אַלטען בוך איבער געאָמעטריע ווערט געלערנט ווי צו מעסטען די פּיראַמידען, די אָבעליסקען, ווי צו מעסטען הייזער, שפּאַכלערס, שייערס און אין די ווייטערדיגע

קאפיטלען נאר בעהאנדעלט דער בוך די מעסטונגען פון פלאבען; וואס איז שוין אביסעל מעהר אבסטראקט ווי די קאנקרעטע הייזער, שטיינער, סטאטועז. און נאר די גריכען, וואס האבען איבערגענומען ביי די עגיפטיאנער די אנגעצייגטע וויסענשאפטען פון מאטעמאטיקע און געאמעטריע און האבען זיי ענטוויקעלט ביז דעם העכסטען גראד, האבען איבערגעקעהרט דעם נאטירליכען גאנג פון דיעזע וויסענשאפטען, דעם גאנג וואס פיהרט פון די זאכליכע קאנקרעטע ערפאהרונגען צו די אבסטראקטע פרינציפען, וואס האט זיך איינגעגעבען דעם מענשען צו ענטדעקען. ווען ער האט אנגעהויבען צוזאמען צוקלייבען א געוויסען סארט ערפאהרונגען אין א סיסטעם, אין א ארדנונג, ווען ער האט אנגעהויבען נאכצודענקען איבער דיעזע ערפאהרונגען און אנשטרענגען זיך צו פערקניפּלען זיי אין א לאגישען שכל'דיגען צוזאמענהאנג.

ביי די גריכען, נאך הונדערטער יאהרען פון ענטוויקלונג, הויבען זיך אן די ערשטע קאפיטלען פון געאמעטריע ניט מיט די מעסטונגען פון גאנצע הייזער, נאר פון די אבסטראקטע ליניען און פונקטען, זאכען וואס עקזיסטירען גאר אייגענטליך ניט אין דער נאטור, זאכען וואס זיינען נאר פראדוקטען פון דער אנאליזירענדער אייגענשאפט פון אונזער מענשליכען שכל און פארשטעלונגקראפט.*

דעם זעלבען גאנג האבען דורכגעמאכט אלע וויסענשאפטען פון איינפאכע, קאנקרעטע ערפארונגען מיט די נאטירליכע ערשיינונגען צו אבסטראקטע פרינציפען און שכל'דיגע וואהרהייטען.

די גאר אלטע וויסענשאפטען ווי מאטעמאטיק, אסטראנאמיע, מעכאניק, א גרויסער טהייל פון פיזיק האבען שוין דערגרייכט די העכסטע שטופע פון ענטוויקלונג און זיי הויבען זיך אן, גראדע ווי די גריכישע לעהר ביכער איבער געאמעטריע, מיט די שכל'דיג־ערווארבענע, אבסטראקטע פרינציפען, און פעסטגעשטעלטע וואהרהייטען וואס בינדען צוזאמען די קאנקרעטע נאטור ערשיינונג־

---

*) די ארדנונג איז פערבליבען ביז היינטיגען טאג אין געאמעטריע די אבטיילונג סאלידע געאמעטריע איז די לעצטע, ניט די ערשטע.

גען, וועלכע זיינען געווען די ערשטע פונדאמענטען פון די פערשיע־דענע וויסענשאפטען.

פיעלע אדער בעסער געזאגט, די גרעסטע טהייל פון די וויסענ־שאפטען ווי באטאניק, זאאלאגיע, פיזיאלאגיע א. ז. וו. זיינען נאך ווייט פון דער הויכער מדרגה פון די מאטעמאטישע וויסענשאפטען און זיי זיינען געצוואונגען דערווייל־ע צו בענוגענען זיך בלויז מיט דער סיסטעמאטיזירונג פון די קאנקרעטע מענשליכע ערפאהרונגען וועגען די פערשיעדענע ענינים, די מיט וועלכע די וויסענשאפטען גיבען זיך אב. אויב אפילו עס זיינען ענדעקט געווארען פיעלע פעסט־געשטעלטע פרינציפען, פיעלע נאטור־געזעצען אין די אלע וויסענ־שאפטען, זיינען זיי נאך ניט אימשטאנד גלייך אנצופאנגען פון דיע־זע אבסטראקטע פרינציפען, ווייל דיעזע פרינציפען בעלייכטען און פערבינדען לאגישער ווייזע גרעסערע אדער קלענערע אבטהיילונגען פון דיעזע וויסענשאפטען. עס פעהלען נאך אבער אזעלכע פרינצי־פען, וואס זאלען דיענען אלס פעסטער און ברייטער פונדאמענט פאר די גרויסע געביידעס פון די אנגעקליבענע קאנקרעטע פאקטען און ערפאהרונגען אויף די פערשיעדענע געביטען פון די וויסענשאפ־טען.

קומענדיג צו דער וויסענשאפט פון פיזיק און מעכאניק, מיט וועלכער מיר ווילען אין דעם ביכעל בעקאנט מאכען דעם איינפאכען אידישען לעזער, געפינען מיר אויך אויס, אז זי האט זיך אנגעפאנגען מיט דעם, וואס זי האט געזוכט צו פערשטעהן די איינפאכע געצייג און אינסטרומענטען, וואס דער מענש האט ענדעקט און אנגעווענ־דעט אום לייכטער צו מאכען זיין ארבייט. אין זיינע בעשעפטי־גונגען צופריעדענצושטעלען זיינע קערפערליכע בעדירפנישע.

דער פראקטישער געברויך פון אזעלכע איינפאכע מאשינען, ווי א לאנגער דראנג, א קלין, אן איינגעבויגענע ברעט איז שוין בעוואוסט געווען אין די גאר אלטע צייטען, אין די צייטען ווען די מענשהייט איז נאך נים אריינגעטראטען אין איהר געשיכטליכען לעבען.

אין די אויסגראבונגען פון אשור און מצרים געפינט מען פיעלע שטיינער, אויף וועלכע עס זיינען אויסגעקריצט בילדער פון אט די איינפאכסטע מאשינען, ווי א קלין, א שטאנג א. ז. וו., שפעטער איז

פיזיק און מעכאניק אויסגעוואקסען אין אן אלגעמיינע לעהרע אי־בער די אבסטראקטע פרינציפען און פעסטגעשטעלטע געזעצען וועגען די ערשיינונגען פון בעוועגונג אין נאטור, וועגען די אלגעמיינע אייגענשאפטען פון אזעלכע אבסטראקטע בעגריפען ווי מאטעריע, ענערגיע, אייגענשאפטען ניט פון דער אדער יענער קאנקרעטער זאך, פון דעם אדער יענעם שטיין, פון דעם שטיק האלץ, פון דעם שטיק אייזען, נאר אייגענשאפטען וואס בעלאנגען צו אלע זאכען אויף דער וועלט אפילו צו דער זון, די שטערען, צו אלעם וואס ווירקט אויף אונזערע פינף חושים, צו אונזער אייגענעם קערפער און דעם גאנצען אוניווערסום.

דיעזע וויסענשאפטען פון פיזיק און מעכאניק זיינען געווארען די פונדאמענטען פון אלע אנדערע עקספערימענטאלע וויסענשאפ־טען ; זייערע פעסטגעשטעלטע נאטור־געזעצען ווירקען איבעראל ניט נאר אין די טוידטע, אונארגאנישע זאכען, זיי ווירקען אין יע־דען טהייל פון דער לעבענדיגער וועלט : פון מענשען, חיות און פלאנצען, זיי ווירקען אין יעדען איינצעלנעם אינדיווידואום און אין זיינע געזעלשאפטען.

ווי איך האב פריהער דערמאנט, איז מעכאניק און א גרויסער טהייל פון פיזיק צו היינטיגער צייט אזוי הויך ענטוויקעלט, אז איה־רע לעהרביכער הויבען אהן גלייך פון די אלגעמיינע אבסטראקטע פרינציפען, פון די אלגעמיינע געזעצע פון בעוועגונג און ענערגיע, ווייל דיעזע געזעצען בעלויכטען אזוי גוט ווי אין די אבסטראקטע וויסענשאפטען פון מאטעמאטיק און געאמעטריע, אונזערע קאנ־קרעטע ערפאהרונגען וועגען דעם ענין.

מעכאניק ווי דערווארט צייגט, האט זיך אנגעפאנגען פון שטודירען די מאשינען. צו היינטיגער צייט איז מעכאניק שוין ווייט ניט דאס, וואס זי איז געווען אין אנפאנג, זי נעהמט יעצט ברייט ארום די לעהרע וועגען אלע זאכען, וואס בעוועגען זיך פון די גרעסטע, ווי די זונען און פלאנעטען, ביז די קלענסטע טהיילען, וואס מיט קיין פערגרעסערונג גלאז קען מען זיי ניט זעהען, די אטאמען און די מאלעקולען, פון וועלכע אלע זאכען זיינען צוזאמענ־געשטעלט.

די ערשיינונגען פון נאטור, אלע אהן אויסנאהמע, שטעלען פאר אונז פאר א וועלט, וואס האלט אימער אין בייטען זיך דורך דער אייביגער און אנאויפהערליכער בעוועגונג. מעכאניק איז, ווי דער פיזיקער קירכהאף דריקט זיך אויס, די וויסענשאפט פון בע־וועגונג, און דאס הייסט מיט אנדערע ווערטער, אז איהר פעלד פון אונטערזוכונג איז די גאנצע נאטור.

מעכאניקע איז אויך די עלטסטע וויסענשאפט אין דער וועלט. זי האט לאנג אוועקגעווארפען די פראגען, ווארום, די זאכען בעוועגען זיך, און צי עקזיסטירען גאר די זאכען אין דער ווירקליכקייט? זי האט איבערגעלאזט די פרוכטלאזע פראגען פון "ווארום„ צו די מעטאפיזיקער, צו די טהעאלאגען און פילאזאפען. און האט זיך גענומען פאר די פראגע ווי אזוי די וועלט און די זאכען אין איהר בעוועגען זיך. מעכאניק האט די ערשטע גענומען קוקען אויף דער וועלט ווי זי איז, און איז צופריעדען געווען צו שטודירען און צו לערנען מיט אלע מעגליכקייטען. „ווי אזוי" די וועלט געהט, ווי אזוי די ערשיינונגען קניפען זיך איינע מיט די אנדערע, וועלכע רעגעלמעסיגקייט אדער געזעצליכקייט הערשט איג איהרע בעוועגונ־גען און אין איהרע איבערגאנגען פון איין פארמע צו דער אנדערער.

מיר וועלען אויך אנפאנגען מיט די איינפאכע מאשינען, מיט דעם, מיט וואס מאכאניק האט אין דער געשיכטע אנגעפאנגען איהר ענטוויקלונג. אפריהער וועלען מיר אבער מוזען געבען אייניגע קאַ־פיטלען וועגען די עלעמענטארע בעגריפען פון מעכאניק, איידער מיר וועלען צוטרעטען צו דעם עניין פון די איינפאכע מאשינען. מיר וועלען מוזען געברויכען אזעלכע ווערטער ווי קראפט, בעוועגונג, רייבונג, א. ז. וו., און ווי אין יעדער וויסענשאפטליכער אבהאנדלונג מוז מען אפריהער פעסטשטעלען קלאר און דייטליך דעם פינקטלי־כען, שטרענגען בעגריף פון די ווערטער אדער טערמינען, וואס אויף זיי, ווי אויף א פונדאמענט, ווערט געבויט דער גאנצער עניין.

ערשטער קאַפּיטעל

פיזיקאַלישע וויסענשאפטען בעהאנדלען די אַלגעמיינע איי־ גענשאפטען פון שטאָף און בעוועגונג. וועגען זיי קען מען מיט זי־ כערהייט זאָגען, אַז זיי שטעלען מיט זיך פאָר דעם פונדאַמענט פון אַלע עקספּערימענטאַלע וויסענשאפטען. די געזעצען פון פיזיק הער־ שען ניט נאָר אין דער ניט־ארגאנישער וועלט, זיי הערשען אי־ בעראַל איבער דער גאַנצער נאַטור: סיי אין דער טוידטער, סיי אין דער לעבענדיגער וועלט; לעבענדיגע אָרגאַניזמען און די מינדעס־ טע טהיילען פון זיי זיינען דאָך געמאכט פון שטאָף, און אפילו די פונקציאָנען, די לעבענדיגע פּראָצעסען פון די פערשיעדענע אָרגאַ־ נען, אזוי גוט ווי דאָס לעבען אליין פון די אָרגאַניזמען, זיינען ענג פערבונדען און זיינען אָבהענגיג פון די בעוועגונגען, וואָס קו־ מען פאָר אין דעם שטאָף אָדער שטאָפען, וואָס שטעלען צוזאמען די ארגאנען, אין דעם שטאָף פון די צעלען און געוועבען פון וועל־ כע יעדער ארגאניזם איז געבויט.

צו די פיזיקאַלישע וויסענשאַפטען געהערען אייגענטליך די דריי גרויסע צווייגען פון נאטור וויסענשאפט: מעכאניק, פיזיק און כעמיע. מיר וועלען זיך מוזען אָבשטעלען אויף א ווייל צו ער־ קלערען דעם אונטערשייד פון דיעזע דריי צווייגען, פון וועלכע יע־ דער איינער איז צו היינטיגער צייט אויסגעוואקסען אין א גרויסער זעלבסטשטענדיגען בלום, און מיר מוזען אנצייגען וועלכע נאטור ערשיינונגען געהערען צו מעכאַניק, וועלכע צו פיזיק און וועל־ כע צו כעמיע.

אין די שפּעטערדיגע ארטיקלען וועט אויסקומען אָבצושטעלען זיך אויף אַ מעהר פּינקטליכען אנאליז פון דעם בעגריף „קראפט". די מאָדערנע מעכאניק און פיזיק וואָלטען גערן אויסמיידען אין גאַנצען דעם וואָרט, די קראפט, ווייל עס רופט אַרויס פאַלשע בע־ גריפען. דערווייל וועלען מיר דאָך מוזען בענוצען זיך מיט דעם וואָרט, און געבען א קורצע ערקלערונג וועגען דעם זין, אין וועלכען דאָס וואָרט קראפט ווערט געברויכט אין פיזיק.

יעדע פערענדערונג אין אַ זאַך, די קלענסטע פערענדערונג, וועלכע מיר קענען קוים בעמערקען, מוז איהר אורזאַכע האָבען. שטעלט זיך פאָר אז דער טעלעגראַף, עלעקטרישע בעלייכטונגען, עלעקטרישע וואַגאָנען און נאָך פיעלע אַנדערע טויזענדע ענדערונגען וועלכע זיינען שוין געמאכט געוואָרען און וועלכע וועלען נאָך געמאכט ווערען אין דעם געביט פון עלעקטריציטעט, שטעלט זיך פאָר אז אַלע דיעזע גרעסטע און וואונדערליכע ענדעקונגען פון דעם לעצטען יאהרהונדערט, האָבען זיך אָנגעפאַנגען פון אַ פּוסטע זאַך, פון אַ שפּיעל, פון דעם פאַקט אז ווען מען רייבט אַ גוטאפּערטשענעם קאַם אָן אַ שטיקעל וואָל אָדער פלאַנעל, בעקומט דער קאַם נייע אייגענשאַפטען: ער ציהט צו קליינע שטיקלעך פאַפּיער, לייכטע שטיקלאַך האָלץ א. ז. וו.. דיעזע נייע סאָרט פערענדערונג אין קאַם ווען מען רייבט איהם אָן אַ שטיקעל געוואַנט, אַ פערענדערונג וואָס האָט ניט געקענט ערקלערט ווערען דורך קיינע קראַפטען אָדער סיבות וואָס זיינען צו יענער צייט בעוואוסט געוועזן. אָבער ווען פאַר דעם נייעם סאָרט פאַרענדערונג האָבען זיך גענומען אַזעלכע דיינקער און נאַטורפאָרשער ווי גילבערט און נויטאָן, האָבען זיי אויסגעפונען גאַנצע נייע רייהען פון פערענדערונגען וואָס קומען פאָר אין נאַטור, פערענדערונגען וואָס שטאַמען אַלע פון איין סיבה, און די וועלט איז בעקאַנט געוואָרען מיט אַ נייע קראַפט־עלעקטריציטעט (עלעקטראָן הייסט אין גריכיש ברוסטין. אין ברוסטין האָט מען נאָך פריהער אין דעם אַלטען גריכענלאַנד בעמערקט דיעזע פערענדערונג ווען מען רייבט איהם אָן געוואַנט) אַ קראַפט וועלכע שפּיעלט אַ גרויסע ראָלע אין דער נאַטור, וועלכע מאַכט דעם דונער און בליץ, יועלכע העלפט מאַכען דעם האָגעל, אַ קראַפט מיט וועלכער מיר בענוצען זיך יעצט אין הונדערטע וועגען.

איהר שטעלט ארויף אַ טאָפּ וואַסער אויף אַ הייסען אויווען, די וואַסער הויבט זיך אָן צו פערענדערען, זי ווערט וואַרעם, זי ווערט הייס, זי זידט, זי ווערט פערוואַנדעלט אין דאַמפּף, אַלע דיעזע פערענדערונגען מוזען זיין רעזולטאַטען פון אַ סיבה.

אַלע אורזאַכען, אַלע סיבות, וועלכע ברייננגען געוויסע סאָרטען פערענדערונגען, אייגענאַרטיגע מינים בעוועגונגען אין נאַטור, הייסען אין וויסענשאַפט קראַפטען. מיט יעדער קראַפט זיינען פערקרי־

פעלט און פערבונדען צאהלרייכע רייהען פון ערשיינונגען און פערענ־דערונגען אין די זאכען. ביז יעצט זיינען דייטליכער אויסגעפארשט געווארען נאר 6 פערשיעדענע קרעפטען, דורך וועלכע מיר קענען דעם גרעסטען טהייל פון די ערשיינונגען פון דער גאנצער נאטור־וועלט ערקלערען.

אויסער די זעקס קראפטען איז נאך פאראן איין קראפט, וועל־כע הערשט אין אלעס, וואס לעבט: אין פלאנצען, חיות, מענשען און געזעלשאפטען, די קראפט איז נאך גאנץ טונקעל פאר אונזער פערשטאנד, אייניגע צווייפלען אפילו אין איהר עקזיסטענץ. אבער די אנדערע זעקס קראפטען וועלכע הערשען אין דער אונארגאנישער וועלט זיינען שוין פיעל מעהר בעקאנט און אויסגעפארשט, און זיי ווערען צוטהיילט אין דריי טהיילען: מעכאנישע, פיזישע און כע־מישע קראפטען. די מעכאנישע קראפט איז א קראפט, וועלכע מאכט גאנצע קערפער, גאנצע שטיק שטאף זיך צו בעוועגען. ווען א שטיין פאלט צו דער ערד, דאס הייסט אונזערע אויגען זעהען דעם גאנצען שטיין אין בעוועגונג, ווען די רעדער אין די מאשינען דרייהען זיך און קלאפען, דאן זאגען מיר, אז זיי טהוען מעכאנישע ארבייט, און דאס זיי זיינען בעוועגט דורך א מעכאנישע קראפט. אלע קרעפטען וואס פערענדערען די בעוועגונג פון דעם גאנצען קערפער ווי איין שטיק, סיי זיי ברייננען א זאך, וואס רוהט אין בעוועגונג, אדער פערקעהרט א זאך, וואס בעוועגט זיך צו רוהע, סיי זיי פעראור־זאכען, אז די זאך זאל זיך אנהויבען צו בעוועגען שנעלער, אדער לאנגזאמער, סיי זיי בייטען די ריכטונג פון דער בעוועגונג הייסען מעכאנישע קראפטען. דארום איז די קראפט, וואס מאכט די בעווע־גונג פון דער ערד, פון אלע אנדערע פלאנעטען, פון די שטערען, פון דער זון א מעכאנישע קראפט ווייל זי מאכט א בעוועגונג אין די הימלישע קערפער, ווירקענדיג אויף זייער גאנצער מאסע צוזאמען ווי אויף איין שטיק; דארום איז די קראפט, וואס מאכט אז אלע זא־כען זאלען פאלען אויף דער ערד, א מעכאנישע קראפט, ווייל זי מאכט די זאך זאל זיך בעוועגען ווי איין שטיק.

אבער אויסער מעכאנישער קראפט זיינען פערהאנדען אנדערע קרעפטען וואס מאכען פערענדערונגען אין שטאף, בעת אונזער אויג בעמערקט קיינע בעוועגונג. נעהמט צום ביישפיעל דעם טעלעגרא־

פישען דראָט, די שאַרפסטע אויג וועט ניט בעמערקען קיין אונטער־שיעד אין דעם דראָט ווען א דעפּעשע ווערט געשיקט, קיינע בעווע־גונג איז צו זעהען אין דעם דראָט. ער זעהט אויס גראַדע דער זעל־בער, ווען די דעפּעשע געהט דורך איהם דורך אָדער ניט. און דאָך קומט פּאַר א גרויסע פערענדערונג אין דעם דראָט, ווען מיר שיקען א דעפּעשע, פּרובירט איהם נאָר אנריהרען אין דער צייט ווען א דעפּעשע לויפט דורך, דורך איהם און איהר וועט גלייך דערפיהלען די פערענדערונג. אויב עס איז דאָ א גרויסע פערענדערונג אין דעם דראָט, מוז דאָך, ווי מיר האָבען געזעהען, די פערענדערונג האָבען אַן אורזאַכע, א קראַפט וואָס מאַכט דיעזע פערענדערונג. די קראַפט, וואָס מאַכט דיעזע פערענדערונג, הייסט עלעקטריציטעט. דער דראָט מיט דער דעפּעשע איז עלעקטריזירט. אָבער ווי איהר זעהט די קראַפט פון עלעקטריציטעט, ווירקענדיג אויפ'ן דראָט, מאַכט קיין בעוועגונג אין דעם דראָט ווי איין גאַנצע שטיק שטאָף.

עס פרעגט זיך וואָס פאַר א בעוועגונג האָט דיעזע קראַפט גע־מאַכט? די עלעקטרישע קראַפט האָט קיין בעוועגונג געמאַכט אין דעם גאַנצען שטיק דראָט, אָבער זי האָט א שפּעציעלע בעוועגונג געמאַכט אינוויינינג אין די קליינע טיילכעלאַך פון דעם דראָט.

די קליינע טיילכעלאַך, פון וועלכע יעדע שטיק שטאָף בעשטעהט, הייסען מאָלעקולען. אַלע קרעפטען וואָס ענדערען די בעוועגונגען פון די מאָלעקולען און ניט פון דער גאַנצער זאַך ווי איין שטיק, הייסען פיזישע קראַפטען. דארום איז עלעקטריציטעט א פיזישע קראַפט. דער שטיק דראָט דורך וועלכען די פיזישע קראַפט פון עלעקטריציטעט געהט דורך, ווען מען שיקט א דעפּעשע, בלייבט אונפערענדערט, דערפאַר אָבער ווערען פערענדערט די פערהעלטני־סע פון זיינע קליינע טיילכעלאַך און זייערע בעוועגונגען.

ריכטיגע פיזישע קרעפטען האָבען מיר פיער—עלעקטריציטעט און מאַגנעטיזם, היץ און ליכט.

איהר לעגט אריין א לעפעלע אין א הייס גלאָז טעה, די אויג בעמערקט ניט קיינע פערענדערונגען אין דעם לעפעלע, און דאָך ווען איזהר ריהרט איהר אָן, פיהלט איהר, אז די לעפעלע איז הייס, א פערענדערונג איז דאָ פאָרגעקומען, די קראַפט אָדער אורזאַכע וואָס האָט געמאַכט די ענדערונג, איז אַנאַנדער פיזישע קראַפט, די

קראפט פון היץ, זי איז א פיזישע קראפט, ווייל זי ווירקט נאָר אויף די קליינע טיילכעלאך פון די זאכען, מאכענדיג א נייע סאָרט בע־וועגונג אין זיי, אָבער דער שטיק שטאָהל ווי איין גאנצעס בלייבט אונפערענדערט. ווען איהר נעהמט א שטאָלענע נאָדעל און רייבט איהר אָן מיט א מאגנעט, ווערט די נאָדעל אויך א מאגנעט. ווי איהר קוקט אָן די שטאָלענע נאָדעל פאר דעם איידער זי איז געוואָרען א מאגנעט און נאָך דעם , וועט איהר קיין ברעקעל אונטערשיעד ניט קענען געפינען, און דאָך האָט די נאָדעל ווען זי איז געוואָרען א מאגנעט א נייעס אייגענשאפט אין זיך געקראָגען, א אייגענשאפט אייזען צו זיך צו ציהען, א אייגענשאפט וועלכע זי האָט פריהער אין זיך ניט געהאט, א פערענדערונג איז אין דער נאָדעל פארגעקו־מען, און די אורזאכע אָדער די קראפט וואָס האָט די פערענדערונג ארויסגערופען, איז אויך א פיזישע קראפט, דהיינו די קראפט פון מאגנעטיזם.

אין אלע דיעזע פאלען האָבען די פיזישע קרעפטען געמאכט פערענדערונגען אין דער בעוועגונג פון די קליינע טהיילכעלאך פון שטאָף אין דער צייט, ווען ער ווי איין גאנצע שטיק פערבלייבט אין דער זעלבער לאגע ווי פריהער און זעהט אויס ווי פריהער. בלויז די לעצטע פיזישע קראפט, די קראפט פון ליכט מאכט יע אין די זא־כען, אויף וועלכע זי ווירקט, א פערענדערונג אין דעם אויסזעהען. מיר זעהען ווי זיי הויבען אָן צו שיינען, אָבער דאָך רופט זי אויך ניט ארויס קיינע בעוועגונגען אין דעם גאנצען שטיק שטאָף, ווי ליכטיג עס זאָל ניט זיין. אלץ טאקע בלייבט ליכט א פיזישע קראפט ווייל זי פעראורזאכט בעוועגונגען ניט אין דעם גאנצען שטיק שטאָף, נאָר אין די מאלעקולען פון שטאָף, דערפאר רופען די פיזיקער די אלע פיער פיזישע קרעפטען ; היץ און ליכט, עלעקטריציטעט און מאגנעטיזמוס — מאלעקולארע קרעפטען.

די מעכאנישע קרעפטען און די פיזישע שטעהען ניט אזוי שטארק אָבגעזונדערט, דאָס איינע זאָל קיין מאָל ניט פערוואנדעלט ווערען אין די אנדערע, גראדע פערקעהרט : זיי געהען גאנץ אָפט איבער איינע אין די אנדערע.

אויב מען קלאפט שטארק מיט'ן האמער, דאָס הייסט, אז

מען בעווענט דעם האמער מעכאניש, ווערט ער דערביי דערהיצט און פערקעהרט: פון דער קראפט פון היץ, מיט וועלכער מיר פערוואנדלען וואסער אין דאמפף, ווערט בעשאפען די מעכאנישע קראפט וואס טרייבט דעם לאקאמאטיף. און אזוינע ביישפיעלע קענען מיר געפינען מאסען, ווען די מעכאנישע קראפט ווערט פערוואנדעלט אין פיזישע און פערקעהרט. גראדע אזוי ווי פון איין פיזישע קראפט ווערט געשאפען אן אנדערע פיזישע קראפט. וועגען דעם איבערגאנג פון מעכאנישע קראפט אין פיזישע וועט אונז נאך פיליכט געלינגען צו ריידען מיט מעהר אויספירליכקייט אין א בעזונדער קאפיטעל. יעצט בלייבט אונז אין קורצען צו בעטראכטען די איינצעלנע קראפט וואס איז איבערגעבליבען, דהיינו די כעמישע קראפט, אדער ווי זי הייסט אין וויסענשאפט די קראפט פון כעמישער פערוואנדשאפט.

סיי די מעכאנישע, סיי די פיזישע קרעפטען קענען ניט מאכען קיינע זאכען אדער נייע קערפער, זיי קענען נור ענדערען די אייגענשאפטען פון דער זאך, אבער די זאך גופא בלייבט ווי זי איז געווען. ווען דער עפעל פאלט אראב פון בוים דורך דעם וואס ער ווערט צוגעצויגען פון דער ערד, בלייבט ער אלץ דער זעלבער עפעל. דורך דער ווירקונג פון דער מעכאנישער קראפט, דער צוציהונגס־קראפט צווישען דעם שטאף פון דער ערד און דעם שטאף פון דעם עפעל, האט דער עפעל בעקומען א נייע אייגענשאפט, ער איז זיך געהאנגען גאנץ רוהיג און יעצט, ווען די פערבינדונג מיט'ן בוים ווערט שוואך, הויבט ער זיך אן צו בעווענען אדער צו פאלען צו דער ערד. ווי נאר ער קומט אבער צו דער ערד, בלייבט ער דער זעלבער עפעל ווי געווען. דער דראט דורך וועלכען די עלעקטריציטעט פליסט, טראגענדיג נייעס פון עק וועלט צום אנדערען, בלייבט דערזעלבער דראט. כל זמן די עלעקטרישע קראפט פליסט דורך איהם, קריגט ער נייע אייגענשאפטען, אבער דער שטאף זעלבסט בייט זיך ניט, ער איז געווען א קופערנער אדער אן אייזערנער דראט פאר דעם און ער איז פערבליבען דאס זעלבע נאך דעם.

די זעלבע זאך איז ריכטיג וועגען דער הייסער לעפעלע וואס איז דערהיצט געווארען דורך די קראפט פון היץ, דער שטיקעל

קויל וואס שיינט אזוי פיין און העל אין די עלעקטרישע לאמפען, ווען א שטארקער שטראם פון עלעקטריציטעט געהט דורך, דורך איהם, בלייבט אלץ קויל; און ווי נור דער שטראם הערט אויף, בלייבט פון איהם א שווארצער און דונקעלער קויל גלייך ווי ער וואלט גאר קיין מאל ניט געלויכטען מיט אזא פראכט.

אבער גאנץ אנדערש איז די זאך מיט דער כעמישער קראפט. די אנדערע קרעפטען בעשאפען נאר אייגענשאפטען, די כעמישע קראפט אבער בעשאפט זאכען, זי מאכט איבער די זאכען, זי מאכט פון איין זאך צוויי אדער מעהרערע זאכען, אדער פון מעהר זאכען איין זאך מיט גאנץ נייע אייגענשאפטען. די כעמישע קראפט צווינגט געוויסע מאטעריען אדער עלעמענטען צו פערבינדען זיך מיט אנדערע מאטעריען אדער עלעמענטען, ווען די קוילען ברענען און גליהען אין אויוועו, ווירקט אויף זיי די כעמישע קראפט אדער די כעמישע פערוואנדשאפט, וועלכע עקזיסטירט צווישען קוילען און דעם זויערשטאף פון דער לופט. דיעזע קראפט טרייבט דעם זויערשטאף פון דער לופט ער זאל זיך פערבינדען אין איין קערפער, אין א נייעם געגענשטאנד מיט די קוילען. און די פאלגע פון דער ווירקונג פון דיעזער קראפט איז דער געבורט פון א נייעם קערפער, א נייעם גאז, וועלכער הייסט קוילען־זויער־גאז, הערט אויף די כעמישע קראפט וואס האט זיי געטריבען צו פעראייניגען זיך, זיינען די קוילען ניט מעהר קוילען, און דער זויער־שטאף ניט מעהר זויערשטאף. זיי זיינען ביידע פערשוואונדען געווארן, דורך כעמישער קראפט, וואס איז געווען אין זיי, אין זייערע שטאפען, האבען זיי זיך בעהעפט, און דערפון איז געבארען געווארען א נייער קערפער, א נייער גאז. דער גאז בעשטעהט טאקע פון קוילען און זויער־שטאף, אבער ער האט ניט די אייגענשאפטען ניט פון די קוילען און ניט פון דעם זויער־שטאף. קוילען זיינען הארט און שווארץ און זיינען פעהיג צו ברענען. און דער נייער גאז קוילען־זויער איז ניט הארט און ניט שווארץ און קען ניט ברענען. דער זויער־שטאף, ווידער איז א זעהר ענערגישער גאז. אהן איהם קען גאר ניט ברענען, ער האלט אויף דעם פייער. דער נייער גאז איז פיעל שווע־רער ווי זויער־שטאף, ער איז פיעל וויניגער טהעטיג ווי דער זויער־

יזשטאָף. און ניט נאָר איז דער וויער־גאַז אומפעהיג צו ברענען, ער לעשט זאָגאר דעם פייער.

דאָס צייגט אונז, אז פון דער כעמישער קראַפט וואָס ווירקט אויף איין סאָרט מאַטעריע אַזוי און אויף אַן אַנדערע אַנדערש, ווערען בעשאַפען נייע געגענשטענדען מיט גאַנץ נייע אייגענשאַפטען, וואָס בלייבען אין דער זאַך אפילו נאָכדעם ווי זייער פער־איינינונג האָט זיך געענדיגט. אום צוריק צו בעקומען די קוילען־למשל פון דעם קוילען וויער־שטאָף מוז מען קריגען אזא מין שטאָף, וועלכער זאָל האָבען א שטאַרקערע פערוואַנדשאַפט צו פערבינדען זיך מיט דעם וויער־שטאָף ווי די קוילען, און דאַן וועט דער וויער־שטאָף אוועקגעלאָזען זיין פערבינדונג און וועט זיך פער־בינדען מיט דעם נייעם שטאָף. און דאַן וועט איהר קריגען די קוי־לען ווייטער ריין און פריי ווי פריהער.

אויך זאָל מען ניט מיינען, אז די כעמישע קראַפט איז א גאַנץ בעזאָנדערע קראַפט, וואָס האָט מיט די אַנדערע מעכאַנישע און פי־זישע קרעפטען גאָר ניט צו טהאָן. גראַדע פערקעהרט: די פיזישע קרעפטען פון ליכט, היץ און עלעקטריציטעט העלפען פיעל דער כעמישער קראַפט. אם מייסטען העלפען דיעזע פיזישע קרעפטען צו פערגרעסערען די כעמישע פערוואַנדשאַפט, אמאָל אויך צו פער־קלענערען. ווען מען לאָזט אַן עלעקטרישען שטראָם פליסען דורך וואַסער, שוואַכט אָב דיעזער שטראָם די כעמישע פערבינדונג צווי־שען וואַסער־שטאָף און וויער־שטאָף, וועלכע אין כעמישער צו־זאַמענהעפטונג מאַכען דעם וואַסער, און דאָס וואַסער צוטהיילט זיך אויף זיינע צוויי טהיילען, אָדער עלעמענטען: וואַסער־שטאָף און וויער־שטאָף. אין וואַסער זיינען די 2 גאַזען, כעמיש פערבונ־דען, דאָס הייסט צווישען די צוויי גאַזען — וואַסער - שטאָף און וויער־שטאָף — איז אזא גרויסע כעמישע פערוואַנדשאַפט, וועל־כע האַלט זיי צוזאַמען פערבונדען אין וואַסער, אָבער ווען עלעק־טריציטעט געהט דורך דעם וואַסער, שוואַכט אָב די עלעקטרישע קראַפט די פערוואַנדשאַפט פון די עלעמענטען, און דאָס וואַסער פאַלט זיך פונאַנדער אין די צוויי גאַזען פון וועלכע עס איז גע־מאַכט געוואָרען. עס טרעפט אויך פערקעהרט, אז די כעמישע קראַפט

ווערט פערוואנדעלט אין פיזישע קרעפטען. ברענען איז א פּראָצעס פון כעמישע פעראייניגונג צווישען די מאטעריאלען וואָס געפינען זיך אין האָלץ, אין קעראָסין א. ז. וו., מיט דעם זויער־שטאָף פון לופט, אָבער דערביי ווערען אויך ענטוויקעלט וועלכע פיזישע קרעפ־טען ווי ליכט, היץ א. ז. וו., דיעזער איבערגאנג פון איין קראפט צו די אנדערע פיהרט אונז ארויף אויף׳ן געדאנק, אז אלע קרעפטען זיינען נאָר פערשיעדענע פאָרמען פון דער אלגעמיינער קראפט אָדער בעוועגונג, וואָס געפינט זיך אין שטאָף.

עס איז זעלבסט פערשטענדליך אז די ערשטע פון די דריי פיזיקאַלישע וויסענשאפטען האָט זיך ענטוויקעלט מעכאניק, ווייל זי האָט אָנגעהויבען צו בעטראכטען די בעוועגונגען וואָס יעדער קען זעהען, די בעוועגונגען פון גאנצע שטיקער שטאָף.

* * *

צווייטער קאפיטעל

בעוועגונג און רוהע.

דאכט זיך, וואס קען שוין זיין איינפאכער ווי די דאזיגע צוויי ענטגעגענזעצטע צושטענדען פון מאטעריע, יעדע זאך געפינט זיך אדער אין דעם צושטאנד פון בעוועגונג אדער אין דעם היפך פון בע־וועגונג, דאס הייסט אין דעם צושטאנד פון אונבעוועגליכקייט אדער רוהע, און דאך, אויב מיר טרעטען צו צו בעטראכטען דעם ענין אביסעל טיפער, וועלען מיר גלייך דערזעהן אז די זאך איז גאר ניט אזוי איינפאך ווי עס האט זיך אונז געדאכט פון אויבען אויף. א מאן פאהרט אויף א וועליסאפעד, דער וועליסאפעד בעוועגט זיך, דאס זעהען אלע, ניט נאר דערפאר וואס איהר זעהט, אז זיינע רע־דער דרעהען זיך, נאר הויפזעכליך דערפאר, וואס איהר זעהט דעם וועליסאפעד אין איין מאמענט דא און אין דעם צווייטען מאמענט שוין אויף איין אנדער פלאץ ווייט פון אייך, אזוי ווי צוזאמען מיט'ן וועליסאפעד ערווייטערט זיך אויך פון אייך דער מענש וואס זיצט אויף איהם, זאגט איהר דאך, אז דער מאן בעוועגט זיך, עס מאכט גאר ווייניג אויס צי דער מאן מוז צוליעב דעם צוועק ארבייטען אדער בעוועגען מיט זיינע פיס צי ניט, דער מאן וואס ארבייט מיט זיינע פיס אום צו טרייבען דעם וועליסאפעד, קען דאך נעהמען מיט זיך א צווייטען, וועלכער קען זיך זיצען גאנץ רוהיג און איהר וועט מוזען צוגעבען אז די ביידע מענשען פאהרען אדער בעוועגען זיך מיט דער זעלבער שנעלקייט, דער צווייטער אזוי גוט ווי דער ערשטער, וואס מוז מאכען געוויסע קערפערליכע בעוועגונגען אום צו טרייבען דעם וועליסאפעד. אדער נאך בעסער, נעמט אזאביישפיעל, א מאן געהט ארום אויפ'ן דעק פון א שיף, וואס בעוועגט זיך מיט א געוויסער שנעלקייט און האלט אין האנד א באל, אדער ווי מען רופט דאס אין רוסלאנד א פילקע; אויב ער שפיעלט זיך מיט'ן באל אוןווארפט איהם ארום, וועט דאך יעדערער מוזען צוגעבען, אז דער באל בע־וועגט זיך; קענען מיר דען זאגען אז ער בעוועגט זיך ניט, ווען דער מאן האלט איהם אין זיין האנד, און שפאצירט ארום איבער'ן שיף מיט'ן באל אין זיין האנד? און ווען אפילו דער מאן זאל אויפהע־

רען צו שפּאַצירען אויפ'ן דעק פון שיף, און זיך רוהיג אוועקזעצען אויף אַ שטול אָדער ליגען רוהיג אין זיין בעט און שלאָפען, קענען מיר דען זאָגען, אַז דער מאַן איז אין אַ צושטאַנד פון פאָלקאָמענער רוהע און ער בלייבט אימער אויף איין פּלאַץ, כל זמן די שיף, אויף וועלכער ער געפינט זיך, זעגט פאַר די רייזע און בעוועגט זיך אימער פאָרט מיט דער זעלבער שנעלקייט און בלייבט ניט שטעהן אויף איין אָרט. און ווען אפילו עס שטעלט זיך אָב די שיף, און דאַ דאכט זיך אונז האָבען מיר דאָך געווים אַ פאָלקאָמענע רוהע, דאַן בלייבט דאָך די שיף מיט'ן מאַן מיט'ן באַל אין זיין האַנד אויף איין פּלאַץ, איז דאָס נאָך אַלץ קיין פאָלקאָמענע רוהע. דאָס וועט נאָר הייסען אַז די שיף מיט אַלע זאכען און מענשען וואָס געפינען זיך אין איהר וועלען בלייבען אויף דעם זעלבען פּלאַץ, אויף דעם זעלבען פונקט אויף דער ערד. מיר ווייסען דאָך אָבער, אַז די ערד גופא בעוועגט זיך און דרעהט זיך אויף איהר אייגענער אקס מיט אַ שנעלקייט פון טויזענד מייל אַ שטונדע ביים עקוואַטאר, עטוואָס וויינינגער אין די פּלעצער וואָס זיינען ערווייטערט פון דעם עקוואַטאָר, און צו דערזעלבער צייט טראָגט זיך די ערד מיט אַן אונגעהייערער שנעלקייט פון אכצעהן מייל יעדע סעקונדע אין אַ ראָד ארום דער זון. און די גרויסע מאַיעסטעטישע זון אליין, דער קוואַל פון ליכט און ווארעמקייט, פון לעבען און בעוועגונג דאַ אויף דער ערד און אויף אַלע אנדערע פּלאנעטען וואָס דרעהען זיך אין זייערע קרייזען אָדער עליפּסען ארום איהר, ווי עס איז יעצט פעסטגעשטעלט געוואָרען, שטעהט ניט אויף איין פּלאַץ, נאָר זי טראָגט זיך מיט אַ ערשטוינענדע געשווינדקייט אין דעם אַלל-וועלטליכען רוים, אין וועלכען זי, די גרויסע און מעכטיגע זון, זעהט אוים ניט מעהר ווי אַ קליין אונבעדייטענדע פינטעלע. הייסט דאָס אַז אַן אבסאָלוטע רוהע, אַ צושטאַנד פון ניט בעוועגונג איז גאָר אויף דער וועלט ניטאַ, ניט מיר ווייסען און ניט מיר קענען גאָר וויסען פון אזאַ צושטאַנד.

ווען מיר ריידען שוין יאָ פון רוהע, מיינט מען מיט דעם ניט די אבסאָלוטע רוהע, נאָר אַ פערהעלטניסמעסיגע אָדער רעלאַטיווע רוהע, דאָס הייסט אין פערגלייך מיט אנאנדער געגענשטאנד, דאָס זעלבע איז אויך מיט דעם וואָרט "בעוועגונג„ אין

דעם מעכאַנישען זין. עס איז אמת, אז אין דער נאַטור הערשט איבעראַל דער פּרינציפּ פון בעוועגונג, ווי מיר האָבען פריהער געזאָגט, דער צושטאַנד פון ניט־בעוועגונג איז ניטאָ אין דער פיזיקאַלישער וועלט, אויב עס בעוועגט זיך ניט דער גאַנצער קערפּער, דער גאַנצער שטיק שטאָף, בעוועגען זיך דאָך זיינע קליינע טיילכעלעך, די זאַגענאַנטע מאָלעקולען און די אַטאָמען אין די מאָלעקולען. אָבער ווען מיר געברויכען דאָס וואָרט אין מעכאַניקע און מיר זאָגען, אז די אָדער יענע זאַך בעוועגט זיך, מיינען מיר מיט דעם קיין אַנדערע זאַך ווי צו בעהויפּטען, אז די זאַך בייט פון צייט צו צייט איהר לאַגע אין פערגלייך מיט אַן אַנדערע זאַך.

אין די מייסטע פעלען איז די אַנדערע זאַך, מיט וועלכער מיר פערגלייכען זיי, די ערד אַליין און מיט די זאַכען וואָס שטעהען פעסט אויף איהר ווי די בערג, די בוימער די הייזער, א. ז. וו. אמאָל זיינען דאָס אַנדערע זאַכען אַרום אונז. ווען א ראָד, א דריידעל, אָדער ווי עס הייסט אין ענגליש אַ טאָפּ, דרעהט זיך אויף איין אָרט, הייסט דאָס, אז ער בעוועגט זיך אין פערגלייך מיט דעם טיש, אין פערגלייך מיט די וואַנט, אָדער מיט די אַנדערע אַרומיגע זאַכען ; אַט איז אין איין מאָמענט דאָס זייטעל פון דעם טאָפּ, אָדער דער פּונקט פון דעם ראָד געווען נאָהנט צו דער וואַנט, און אַט האָט אין א צווייטען מאָמענט דיזעלבע זייטעל, דערזעלבער פּונקט געביטען זיין לאַגע און האָט זיך דערווייטערט פון דער וואַנט.

מיר האָבען אויבען געזאָגט, אז מעכאַניק בעטראַכט די בעוועגונגען, וואָס יעדער קען זעהען. דאָס איז ריכטיג נאָר אין בעצוג אויף די האַרטע אָדער פליסיגע שטאָפען. ווי איז אָבער דער פאַל מיט די מאַססען שטאָפען וואָס געפינען זיך אין דעם צושטאַנד פון גאַזען, ווי ־די לופט וואָס רייננעלט אַרום אונזער ערד, וואָס איהר מאַסע הריקט אויף יעדער קוואַדראַט פוס (דאָס הייסט אַ פוס אין דער ברייט און אַ פוס אין דער לייגג) מיט אַ כוח פון איבער צוויי טויזענד פונט? דאָס וואָס מיר קענען ניט זעהען די שטאָפען מאַכט אַ קנאָפּען אונטערשיעד, כל זמן מיר ווייסען, כל זמן מיר בעגרייפען אז זיי בעוועגען זיך אַלס אַ מאַסע שטאָף, און

בייטען זייער לאגע פון צייט צו צייט רופען מיר די בעוועגונג פון די מאסען לופט אדער אנדערע גאזען מעכאנישע בעוועגונגען. ווען אין ווינטער־צייט ווערען די טייכען אין די קאלטע געגענדען בעדעקט מיט אייז, ווייסען מיר דען ניט, אז די מאסען וואסער אונטער'ן אייז, בעוועגען זיך גאנץ אגאל, צי מיר זעהען זיי צי ניט?

אז א ראד דרעהט זיך זעהר שנעל, הערען מיר אויף צו זעהען זיין בעוועגונג, הייסט דאס דען, אז דער ראד געפינט זיך אין א צושטאנד פון רוהע דערפאר, וואס מיר קענען ניט זעהען זיין בע־וועגונג? אויב איהר קענט די בעוועגונג ניט פיהלען מיט די אויגען, פרופט נאר אנטאפּען דעם ראד, וועט ער שוין גאר גוט דער־פיהלען זיין צושטאנד פון בעוועגונג. אזוי דערפיהלען מיר די בעוועגונגען פון גאזען, אויב ניט מיט די אויגען, איז מיט די אויערען, מיט דער נאז, מיט'ן גאנצען גוף, א בלינדער הערט מאנ־כעס מאל די בעוועגונגען פון מאנכע זאכען, ווי די בעוועגונגען פון א צוג, פון קארעטען, פון מענשען, א. ז. וו. דורך די לופט בעווע־גונגען וואס זיי פערואורזאכען, פיעל בעסער ווי מיר זעהענדיגע טהוען דאס מיט די אויגען.

מיר ווייסען אלע, אז די זאכען דא אויף דער ערד בייטען זעהר אפט דעם צושטאנד פון רוהע אויף דעם צושטאנד פון בע־וועגונג און פארקעהרט. ווען מיר בעטראכטען די אומשטענדען אדער אורזאכען, וואס רופען ארויס דעם איבערגאנג פון איין צו־שטאנד צו דעם אנדערען, געפינען מיר אז איין כאראקטעריסטי־שע איינענשאפט גילט פאר אלע זאכען סיי אין רוהע סיי אין בע־וועגונג, און דאס איז די נייגונג, די טענדענץ פון זיי אלע צו פער־בלייבען אויף אימער אין דעם צושטאנד אין וועלכען זי געפינט זיך; א מין קאנסערוואטיזם, א ווידערשטאנד געגען בייטען דעם צו־שטאנד. געפינען מיר די זאך אין א צושטאנד פון רוהע אין פער־גלייך מיט אן אנדערע זאך, שטרעבט זי צו פערבלייבען אזוי אימער און פערקעהרט; הויבט זי זיך אן צו בעוועגען, האט זי די זעלבע טענדענץ אויף אימער אלץ ווייטער און ווייטער אוועק־צוגעהען פון דעם געגענשטאנד, אלץ מעהר און מעהר צו פערגרע־סערען די שטרעקע צווישען איהר און דעם געגענשטאנד, מיט וועל־כען זי האט זיך פריהער פערהאלטען אין א צושטאנד פון רוהע.

מיר מוזען זיך אביסעל לענגער אָפּשטעלען אויף דיעזער אל־געמיינער איינגענשאַפט פון אַלע זאכען אין דער וועלט אויפצוהאַלטען אויף אייביג דעם צושטאנד פון רוהע, אָדער בעוועגונג אין וועל־כער זיי געפינען זיך. דאָס יעדע זאך וואָס געפינט זיך אין רוהע, מוז אימער בלייבען אין רוהע, ביז וועלכע עס איז אורזאכע וועט איהר פון דיעזע רוהע אריוספיהרען און פערקעהרט, ווען א זאך בעוועגט זיך מוז זי זיך אימער בעוועגען מיט דער זעלבער געשווינד־קייט און אימער אין א גלייכער ליניע, ביז א קראפט אָדער אור־זאכע וועט ענדערען די געשווינדקייט, די ריכטונג אָדער אין גאנצען אָפּהאַלטען איהר בעוועגונג. וואָס א זאך קען פון זיך אליין, אָהן קיין שום אורזאכע ניט אָנהויבען זיך צו בעוועגען, איז אַזוי קלאָר פאר יעדען, אז וועגען דעם קענען מיר פערשפּאָרען צו ריידען. אָבער אז, ווען אזא זאך איז אין בעוועגונג, קען זי פון זיך אליין ניט קומען צו רוהע און מוז זיך אימער בעוועגען מיט דער זעלבער שנעלקייט, דאָס זעהט שוין אויס ניט אַזוי קלאָר, ווייל אין אמת'ן זעהען מיר דאָך גראָדע פארקעהרט, אז א זאך וואָס האלט זיך אין בעוועגען, געהט אַלץ לאַנגזאַמער און שטעלט זיך אין א קורצע צייט אין גאנצען אָפּ.

איהר גיט א קייקעל א באַלל איבער'ן טראטואר, קייקעלט ער זיך וואָס ווייטער אַלץ לאַנגזאַמער, ביז אין א גאנץ קורצער צייט שטעלט ער זיך אָפּ. איהר לאָזט אוועק דעם פּאַמפּעדיקעל פון א שטייענדיגען זייגער, שאָקעלט ער זיך הין און צוריק א ווײַלע ער שאָקעלט זיך אַלץ שוואכער און שוואכער, ביז ער שטעלט זיך אין גאנצען אָפּ. איהר גיט א דרעה א דריידעל אויף'ן טיש — דרעהט ער זיך א ווײַלע אַזוי האַסטיג, אז מען זעהט קוים וואָס דאָס איז; באַלד אָבער הויבט ער זיך אָן צו דרעהען שוואכער און באַלד נאָך שוואכער און אַזוי ווייטער ביז ער שטעלט זיך אין גאנצען אָפּ און פאַלט אַנידער. דאָס ווייזט דאָך, דאכט זיך, אז א זאך וואָס געפינט זיך אין בעוועגונג האָט יא די טבע פון זיך אליין צו נעהמען זיך בעוועגען לאַנגזאַמער און פון זיך אליין יא אין דער רוהע צו קומען? דאכט זיך, וואָס קען זיין ריכטיגער ווי די נאַטירליכע שלוסען, וואָס יעדער ציהט פון די עטליכע אָנגעצייגטע און טויזענטער אַנדערע עהנליכע ערפאַהרונגען, אז עס ליגט אין דער טבע

פון יעדער זאך צו שטרעבען צו דעם צושטאנד פון רוהע, און אז אויסערליכע כוחות מוזען שטענדיג אַנגעווענדעט ווערען, ווען מען וויל זיי האלטען אין דעם צושטאנד פון בעוועגונג, און אז אימער נייע פרישע שטויסען פון אויסערליכע קרעפטען זיינען נויטיג אום צו בייקומען זייער נאַטירליכען ווידערשטאנד צו בעוועגונג.

גאַנץ איינפאכע עקספּערימענטען קענען אונז לייכט איבערצייגען אין דער פאלשקייט פון דיעזע אונזערע אויבענאויפעדיגע שלוסען. נעהמט אנשטאט א געוועהנליכען באַל — א ביליארדבאַל, וועלכער איז אבגעטאַקט און אַבגעפּאלירט אויפ'ן פיינסטען ארט, און אנשטאט די טראָטואר שטיינער נעהמט א גלאַטען, פיין געפּאַלירטען טיש און לאָזט דעם ביליארד - באַל זיך קייקלען איבער דעם גלאַטען טיש, איהר וועט לייכט אויסגעפינען, אַז מיט דעם זעלבען שטויס, מיט דער זעלבער קראַפט וועט דער ביליארדבאַל זיך קייקלען איבער'ן געפּאַלירטען טיש א פיעל גרעסערע שטרעקע און פיעל לענגערע צייט, ווי עס וועט זיך קייקלען פון דעם זעלבען שטויס א באַל איבער'ן טראָטואר. דיעזעלבע קראַפט איז דאכט זיך, געברויכט געוואָרען אין ביידע פאלען, און דאָך איז דאָ אזא אונטערשיעד אין דער צייט און אין דער שטרעקע פון דעם באַל'ס בעוועגונג. מיר האָבען נאָר אביסעל געביטען די אומשטענדען אונטער וועלכע דער באַל בעוועגט זיך, מיר האָבען נאָר פערקלענערט די רייבונג, וואָס קומט געוועהנליך פאר צווישען דער זאך וואָס בעוועגט זיך און די זאכען, איבער וועלכע זי בעוועגט זיך, מיר האָבען נאָר אַביסעל אַבגעראַמט די שטערונג, וואָס לאָזט ניט די זאכען בעוועגען זיך און מיר האָבען מיט דערמיט אליין, ניט אָנווענדענדיג קיינע נייע, פרישע קרעפטען, פיעל פערלענגערט די בעוועגונג אין דעם באַל.

דאָס זעלבע וועלען מיר אויך געפונען אין דעם פאל פון דעם פּאָמפּעדיקעל. וואָס דינער, וואָס גלאַטער מער וועלען מאַכען די שפּילקע אויף וועלכע עס הענגט דער פּאָמפּעדיקעל, וואָס ווייניגער עס וועט זיך אונז איינגעבען צו מאַכען די רייבונג צווישען זיין הענגער און די זאכען אויף וועלכע דער פּאָמפּעדיקעל הענגט, אלץ לענגער וועט דער פּאָמפּעדיקעל זיך בעוועגען הין און צוריק פון

פונקט דעם זעלבען שטויס. נאָך בעסער שטעלט אוועק דעם פּאָמ־פּעדיקעל אונטער א גרויסע גלאָז, פון וועלכער מען קען ארויספּאָמ־פּען מיט א לופט־פּאָמפּ די לופט, און די צייט פון זיין בעווע־גונג וועט זיך פיעל, פיעל פערלענגערען. דאָס בעווייזט, אז די לופט איז נאָך א שטערונג צו דער אונאויפהערליכער בעוועגונג פון זא־כען. אויף אזא שטייגער, ביסלעכוויין אבראָמענדיג איין שטערונג נאָך דער אנדערער, האָט זיך אונז איינגעגעבען פיעל צו פערלענ־גערען די צייט פון בעוועגונג אָהן די הילף פון וועלכע עס איז נייע קראפט־שטויסען. עס פערשטעהט זיך, אז אונז וועט זיך קיינמאָל ניט איינגעבען צו בעפרייען אין גאנצען די זיך בעוועגענדע זאך פון וועלכער עס איז רייבונג מיט די אנדערע זאכען, די זאך בע־וועגט זיך דאָך ניט אין דעם גרויסען וועלט־רוים, זי מוז דאָך קו־מען אין בעריהרונג מיט די זאכען איבער וועלכע זי בעוועגט זיך, אָדער אויף וועלכע זי הענגט, ווי דין עס זאָל ניט זיין דער פּין אויף וועלכען דער פּאָמפּעדיקעל הענגט, ווי פּאָלירט, ווי הארט און שארף עס זאָלען ניט זיין די שפּיצען, וואָס ריהרען אָן איינע די אנדערע, אין גאנצען קען דאָך די רייבונג ניט פערניכטעט ווערען, אויך קען מען דאָך די לופט אפילו דורך די בעסטע לופט־פּאָמפּען אין גאנצען ניט אויספּאָמפּען, דערפאר קענען מיר דאָ אויף דער ערד ניט בעווייזען צו זעהען די אייביגע בעוועגונג.

אויב מיר זעהען דאָס ניט דאָ אויף דער ערד, זעהען מיר דאָס יא אין די שטערען, די פּלאנעטען, די זונען, די קאָמעטען. זיי בעוועגען זיך אימער און אימער מיט דערזעלבער שנעלקייט אין זייערע קרייזען, און עס איז גאָר ניט אזוי שווער צו קומען צום שלוס, אז אויב מיר וואָלטען דאָ אויף דער ערד געקענט אבשאפען אלע הינדערניסען, אלע שטערונגען צו בעוועגונג, וואָלט דאָ אויך יעדע זאך זיך בעוועגט אייביג און אימער, מיט דער זעלבער שנעל־קייט, ווי זי האָט אנגעפאנגען איהר בעוועגונג.

און אין דער אמת'ן, האָבען מיר דאָ אויף דער ערד, און אין יעדער זאך, וואָס געפינט זיך אויף דער ערד, אויך אן אייביגע בע־וועגונג פון איהרע מאָלעקולען און אטאָמען. אבער דאָס געהערט שוין ניט צו דעם געביט פון מעכאניקע. אויב א דאנק די שטערונ־גען דאָ אויף דער ערד האָבען מיר ניט קיינע אייביגע מעכאנישע

בעוועגונגען פון גאנצע שטיקער שטאף, האבען מיר דא אייביגע מאלעקולארע און אטאמישע בעוועגונגען. און אפשר וועט נאך מעגליך זיין אין די לעצטע קאפיטלען פון דעם ביכעל צו צייגען, אז איינענטליך ווערט די מעכאנישע בעוועגונג פערוואנדעלט אין מאקולארע און אטאמישע בעוועגונגען און די אייביגקייט פון בעוועגונג, אויב אפילו אין אן אנדערע פארמע, האלט אוים ריכטיג דא אויף דער ערד.

מיר זעהען אז דער ריכטיגער אמת איז גראדע דער היפוך פון דעם וואס האט זיך אויסגעוויזען פון אונזערע ערשטע אויבערפלעכליכע ערפאהרונגען, און ניט רוהע איז די טבע פון מאטעריע, נאר דער צושטאנד פון אויביגער בעוועגונג איז איהר טבע.

וואס אנבעלאנגט די פערשיעדענע פארמען און סארטען פון בעוועגונג ווערען זיי איינגעטיילט אין מעכאניקע: נאך דער געשווינדקייט נאך, און די פאלגענדע 3 סארטען.

(1.) די איינפארמיגע בעוועגונג רופט מען א בעוועגונג, ווען די זאך מאכט אין יעדען מאמענט פון צייט איינע און די זעלבע גלייכע שטרעקע, לאמיר זאגען ווען זי מאכט אין יעדע סעקונדע פון איהר בעוועגונג 10 פוס, אט די צעהן פוס יעדע סעקונדע הייסט אין מעכאניקע: די זאך האט א קאנסטאנטע געשווינדקייט פון צעהן.

(2). די וואריירענדע בעוועגונג, דאס איז דער היפוך פון דער ערשטער. איינפארמיגער בעוועגונג; דאס הייסט די זאך בעוועגט זיך און מאכט אין גלייכע מאמענטען פון צייט ניט גלייכע שטרעקען, זי האט ניט קיינע קאנסטאנטע געשווינדקייט.

(3.) די איינפארמיג־וואריירענדע, דאס איז ווען די געשווינדקייט בייט זיך טאקע אין יעדען מאמענט, נאר דאס בייטען זיך געהט אן מיט א געוויסער איינפארמיגער רעגעלמעסיגקייט, די געשווינדקייט וואקסט אדער פאלט אב יעדע סעקונדע די זעלבע צאהל פוס.

א ביישפיעל פון אזא מין בעוועגונג שטעלען מיט זיך פאר אלע זאכען, וואס פאלען פריי צו דער ערד. יעדע סעקונדע קריגען זיי א צו־וואוקס פון 32 פוס אין דער געשווינדקייט פון זייער בעוועגונג אדער זייער פאלען צו דער ערד, אזוי אויך די זאכען וואס ווערען דורך וועלכע עס איז קראפט געווארפען גלייך אין דער הויך ארויף

פון דער ערד. די געשווינדקייט פון זייער פליהען ארויף צו ווערט אין יעדער סעקונדע אלץ קלענער מיט 32 פוס*).

צווייטענס, נאך דער ריכטונג נאך ווערען די בעוועגונגען אויך איינגעטיילט אין 3 סארטען: (1) די בעוועגונג פון טראָגען זיך, אדער ווי זי הייסט אין מעכאניקע די בעוועגונג פון טראַסלאַציאָן, ווען יעדער פונקט פון דער זאך האט די זעלביגע געשווינדקייט פון בעוועגונג, גאנץ עגאל צי זי בעוועגט זיך אין א גלייכער ליניע צו אין א קרומער, צי די בעוועגונג פון א וואַגען, צי פון א מענשען וואס לויפט ארום און ארום אין א צירק. (2.) די בעוועגונג פון דרייען זיך, אדער ווי זי הייסט אין מעכאניק, די בעוועגונג פון „ראטאציאן", ווען די זאך בעוועגט זיך ארום אן אקס, אזוי ווי א ראד ארום אן אקס, אדער ווי א דריידעל, אין דעם פאל דרייען זיך ניט אלע טיילען פון דער זאך מיט דער זעלבער געשווינדקייט. די טיילען, וואס געהענטער צו דעם אקס, בעוועגען זיך אלץ לאנגזאמער, די אקס אליין בעוועגט זיך גאר ניט, און וואס ווייטער די פונקטען זיינען פון דער אקס, אלץ שנעלער בעוועגען זיי זיך. (3.) א בעוועגונג וואס איז א קאמבינאציאן פון דיביידע, אזוי ווי א ראד פון א וואגען, ער דרעהט זיך ארום זיין אקס און צו דער זעלבער צייט טראגט ער זיך צוזאמען מיט דעם וואגאן.

מיר האבען געזעהן, אז די הויפט אורזאכע, וואס מאכט אונמעגליך צו זעהן דא אויף דער ערד זאכען זאלען זיך בעוועגען אויביג ליגט אין די רייבונג צווישען די זאכען איבער וועלכע זיי מוזען זיך בעוועגען. דאס אייגענע וועט זיך ארויסצייגען, ווען מיר וועלען צוטרעטען צו בעטראכטען די איינפאכסטע מאשינען. מיר וועלען אונטער קיינע אומשטענדען ניט קענען ארויסקריגען פון דער איינפאכסטער מאשינע די ארבייט, דעם אויסגערעכענטען געווינס פון קראפט און שנעלקייט וועלכע מיר האבען געדארפט ארויסקריגען פון איהר נאך דער טעאריע נאך, נאך די אויסגעפונענע געזעצען פון איהר ארבייט נאך. דערפאר גלויב איך איז נויטיג צו געבען וועגען דעם ענין פון רייבונג א מעהר אויספיהרליכע אבהאנדלונג.

---

*) זעה מיין מעכאניקע. זייט 40—50.

דריטער קאפיטעל

רייבונג.

די פערגרעסערונג אדער פערקלענערונג פון רייבונג הייננט אפּ פון פיעלע אומשטענדען, עס הייננט אפּ פון דעם כאראקטער פון די פלאכען וואָס קומען אין בעריהרונג, ווען די זאכען בעוועגען זיך איינע איבער די אנדערע, עס הייננט אפּ פון די מאטריאלען פון די זאכען, צי זיי זיינען געמאכט פון שטאָל, אייזען, האָלץ, בראָנזע, שטיין, געוואנט, א. ז. וו. עס הייננט אפּ פון דער שווערינקייט, פון דעם געוויכט, און פון דעם דרוק וואס ווירקט אויף די פלאכען, עס הייננט אויך אפּ פון דער געשווינדקייט פון דער בעוועגונג, אויך פון דעם כאראקטער פון דער בעוועגונג, צו די בעוועגונג איז א גליטשינע אדער א קייקעלדיגע. איידער מיר ווילען זיך נעהמען צו בעטראכטען יעדען פונקט בעזונדער, לאָמיר זעהען צו פערשטעהן דעם עצם פון רייבונג, לאָמיר זעהען בעגרייפען אין וואָס איינענטליך בעשטעהט דאָס די רייבונג צווישען זאכען? אויב מיר ווילען דאָס פערשטעהן, וועט אונז פיעל קלארער ווערען, וואָרום די רייבונג בייט זיך אזוי פיעל פון אזוי פיעל פערשיעדענע אומשטענדען; און מיר ווילען קענען פאראויסזעהן דיזע פערשיעדענע ענדערונגען אין דער רייבונג צווישען זאכען.

אין אן אונגעהובעלטע שטיק האָלץ דארף מען ניט קיינע פערגרעסערונג גלעזער אום צו זעהען די ניט גלאַטקייט איהרע, מען מוז מיט פּאָרזיכטיגקייט פיהרען מיט די הענד איבער איהרע פלאכע זייטען אום די שטאַרצענדע קלייניגקע שפּיציגע שטיקלעך האָלץ זאָלען זיך ניט אָברייסען און פערשטעכען די פינגער. און אפילו די העכסט פּאָלירטע שטיק האָלץ, וועלכע פיהלט זיך אזוי גלאַט, ווען איהר זאָלט דאָס בעטראכטען מיט א וועלכע עס איז פערגרעסערונגס גלאָז, וועט אויסזעהן פול מיט גריבלעך און בערג־לעך: דאָס זעלבע איז ריכטיג ווענען אלע הארטע זאכען, אויסער פליסיגקייטען און גאזען.

פיגור 1.



איליוסטרירט די רייבונגען צווישען פלאכען.

די פיגור צייגט ווי עס זעהען אויס די פלאכען פון צוויי שטיקלעך האלץ ווען זיי ליגען איינע אויף די אנדערע. איהר זעהט ווי אין איינינגע פונקטען שליסען זיך איין די צוויי שטיקלעך האלץ, דאס הייסט די בערגלעך פון איינער דרינגען אריין אין די גריבלעך פון דער אנדערער, אין אנדערע פלעצער קומט א גריבעלע געגען א גריבעלע און עס זעהט אויס ווי צוויי האלבע קאפעס איבערגעקעהרט איינע איבער די אנדערע, אין אנדערע פלעצער קומט אויס א בערגעלע איבער א בערגעלע און דערלאזען ניט די ארומיגע פונקטען פון די צוויי שטיקלעך האלץ צו קומען אין בעריהרונג איינע מיט די אנדערע, פערגעסט ניט אז די בערגלעך און די גריבעלעך זיינען פון פערשיעדענער גרויס, און אין די צוויי שטיקלעך האלץ האט דאך קיינער אויף זיך ניט גענומען די אויפגאבע צו מאכען אז די גריבעלעך און די בערגעלעך פון איינער זאלען זיך איינפאסען מיט די שפיצען און טהאלען פון דער אנדערער. ווען מען זאל נעהמען שלעפען דעם אויבערשטען שטיק האלץ איבער דעם אונטערשטען, וועט צו יעדען מאמענט פארקומען א נייע איינשליסונג פון די צוויי פלאכען וואס ליגען איינע איבער די אנדערע, און מען מוז צו יעדען מאמענט אנווענדען פרישע כחות ארויסצושלעפען זיי פון דיזער איינשליסונג. אויסער דעם וואס א טייל פון דער קראפט וועט פערברויכט ווערען אויף אבצורייסען די טויזענדע שפיצען און בערגלעך און צו פערשיטען די גריבלעך און אזוי ארום צו בעשאפען א גלאטערען וועג פאר דער בעוועגונג פון דעם אויבערשטען שטיק האלץ איבער דעם אונטערשטען. די רייבונג גראדע צייגט אונז ווי ריכטיג עס איז אונזער ערקלעהרונג אז א זאך וואס בעוועגט זיך דארף זיך אימער אזוי בעוועגען מיט דערזעלבער שנעלקייט און אין א גלייכער ליניע. אויב אויף דער ערד און אויף די זאכען וואס זיינען אויף דער ערד, זעהען מיר ניט קיינע

אייביגע בעוועגונג איז דאָס דערפאַר, ווייל דאָ אויף דער ערד און
אויף איהרע שטאָפּען איז ניטאָ אַזאַ זאַך ווי א גלייכע ליניע און
אפילו אויף די פלאַכען פון דער העכסט געקינסטעלטער פּאָלירונג
געפינען זיך ניט קיינע גלייכע ליניען, און דערפאַר איז דאָס אונ־
מעגליך דאָ צו האָבען אַן אייביגע בעוועגונג אין אַ גליי־
כער ליניע. און אין דעם פאַל פון פליסיגקייט און לופט וואו עס
איז יע מעגליך צו ריידען וועגען א בעוועגונג אין א גלייכער ליניע,
איז דאָ אַנדער מניעה, די זאַך, וואָס בעוועגט זיך אין לופט אָדער
אין וואַסער איז ארומגערינגעלט פון זיי און אום צו בעוועגען זיך
מוז די זאַך פּענאַנדער טהיילען, שניידען די לופט אָדער די וואַסער,
אויסער דעם מוז זי צו דערזעלבער צייט זעצען אין בעוועגונג די
גאַזען און די פליסיגקייטען אין וועלכע זי, די זאַך געפינט זיך אין
בעוועגונג. לאָמיר יעצט אריבערגעהען צו בעטראַכטען בעזונדער
יעדען פּונקט וואָס ווירקט אויף די פערקלעהנערונג אָדער פערגרע־
סערונג פון רייבונג. וועגען דעם פּונקט, אַז די רייבונג הייננט פיעל
אָפּ פון די גלאַטקייט און ניט גלאַטקייט פון די פלאַכען וואָס בע־
וועגען זיך איינע איבער די אַנדערע, איז שוין פיעל גערעדט געוואָ־
רען, און דאָס איז די אורזאַכע וואָרום מען פּאָלירט אַזוי פיין ווי
מעגליך אלע טיילען פון מאַשינען, וואָס אין בעוועגונג מוזען זיך
רייבען איינע געגען די אַנדערע, און ביין ארבייטען ווערען די טיילען
נאָך מעהר פּאָלירט און די רייבונג ווערט פערקלענערט. דאָס ער־
קלעהרט די אַלגעמיינע ערפאַהרונג אַז א שפּאָגעל נייע מאַשין אר־
בייט פיעל מאָל ערגער ווי איין איינגעאַרבייטע מאַשין. דער
צווייטער פּונקט, אַז וואָס גרעסער דער דרוק צווישען די אויבערפלאַ־
כען וואָס בעוועגען זיך איינע איבער די אַנדערע, אַלץ גרעסער איז
די רייבונג צווישען זיי. איז אויך לייכט צו פערשטעהן. וואָס
שווערער דער דרוק צווישען זיי, אַלץ פעסטער וועלען זיך איינשלי־
סען די פלאַכען, אַלץ טיעפער וועלען זיך איינפּרעסען די בערגעלעך
און גריבעלעך איינע אין די אַנדערע. א דינער לייכטער שטיקעל
פּאַפּיר ליגענדיג אויף אַ שטיק האָלץ אָדער אופן טיש וועט קומען
אין ווירקליכער בעריהרונג מיט'ן קלאָץ אין א פיעל קלענערער צאָהל
פּונקטען, ווי אַ שווערער שטיק אייזען אָדער האָלץ, דער שטיקעל
פּאַפּיר אויפ'ן טיש בלייבט ליגען, אַזוי צו זאָגען, אויבען אויף, און

דער שווערער שטיק אייזען אָדער האָלץ וועט זיך דורך זיין שווערען דרוק איינעסען אין טיש. ווען איהר נעהמט א צוואַנג ארויסצו־ציהען א נאָגעל, זעהט איהר צו פערכאַפּען דעם נאָגעל אין דעם צוואַנג מיט דער גרעסטער קראַפט וואָס איהר קענט אַנווענדען מיט דעם דרוק פון אייער האַנד, וואָס שטאַרקער איהר דריקט צו דעם צוואַנג מיט דעם נאָגעל צוזאַמען, אַלץ גרעסער ווערט די רייבונג צווישען זיי, ווארום וואָס האַלט דעם נאָגעל אין'ם האָלץ? — די רייבונג צווישען זיי. אויב דורך דעם דרוק פון אייער האַנד קענט איהר דערגרייכען אז די רייבונג צווישען דעם נאָגעל און צוואַנג זאָל ווערען פיעל גרעסער ווי די רייבונג צווישען דעם נאָגעל און די האָלץ, וועט דער נאָגעל ניט קענען בעוועגען זיך, אָדער אויס־גליטשען זיך פון דעם צוואַנג און וועט מוזען, בייקומענדיג די שוואַ־כערע רייבונג צווישען איהם און דעם האָלץ, בעוועגען זיך אַרויס פון דעם האָלץ. קלעטערענדיג איבער א שטריק, זעהט איהר אַנצו־כאַפּען דעם שטריק מיט אייער גאַנצען כוח, אום דורך דעם גרעסע־רען דרוק אויפ'ן שטריק צו פערגרעסערען די רייבונג צווישען די הענד און דעם שטריק, די רייבונג ווערט דורך דעם דרוק אַזוי גרויס אז זי קען אויפהאַלטען דעם געוויכט פון אייער גאַנצען קערפּער און לאָזט איהם ניט אַפּ; אויב איהר קענט ניט בעווייזען צו דער־גרייכען אזא שטאַרקען דרוק דורך אייערע הענט, וועט דער געוויכט פון אייער קערפּער בייקומען די שוואכע רייבונג צווישען די הענט און דעם שטריק און איהר וועט זיך ארונטערגליטשען אַנשטאַט ארויפצוקלעטערען, צושרויפענדיג די נייה־מאַשין צום טיש, זוכט מען דורך דעם שטאַרקערען דרוק פון דער איינגעשרויפטער מאַ־שינע צו פערגרעסערען די רייבונג צווישען דער מאַשין און דעם טיש. די פערגרעסערטע רייבונג האַלט די מאַשין פעסט אויף איהר פּלאַץ און דערלאָזט ניט קיינע בעוועגונגען צווישען דער מאַשין און דעם טיש. דער געוויכט אליין פון דער מאַשין האָט אין זיך ניט גענוג דרוק דאָס צו דערווייזען.

וואָס אַנבעלאַנגט דעם דריטען פּונקט אז די רייבונג איז ניט די זעלבע ווען די זאַכען רוהען איינע אויף די אַנדערע, אָדער ווען זיי בעוועגען זיך, קען מען איהם אויף פאַראויסזעהען, פון דעם ריכ־

מינען בילד וואס מיר האבען פריהער געקראגען וועגען דעם עניז. עס איז זעלבסט פערשטענדליך, אז ווען די זאך בעוועגט זיך, וועט איהר פלאכע זיים וואס קומט אין בעריהרונג מיט די פלעצער איבער וועלכע זי בעוועגט זיך, ניט קענען אזוי פעסט און טיעף איינשליסען זיך איינע מיט די אנדערע, ווי אין דעם פאל ווען זיי בלייבען ליגען רוהיג איינע אויף די אנדערע. ווען איהר לויפט איבער א פלאץ וואס איז פול מיט גריבעלעך האט איהר מעהר שאנסען אויסצומיידען זיי, ווי ווען איהר שלעפט זיך לאנגזאם, שנעלל געהענדיג וועלען אייערע פיס ניט אזוי טיעף זינקען אין בלאטע ווי ווען איהר שטעהט אויף איין ארט. א שטיינדעל קען א לאנגע צייט בלייבען רוהיג ליגען הויך אויף א משופעדיגען בארג און איינמאהל ווען איהר גיט איהם א ריהר, ער זאל זיך אנפאנגען צו בעוועגען זיך, וועט ער זיך אראפקייקלען בארג אראפ א לאנגע שטרעקע, ביז צו פוס פון בארג צו. ווען דער שטיינדעל איז געלעגען רוהיג אויף דעם משופע'דיגען בארג איז די רייבונג צווישען איהם און דעם בארג געווען גרויס גענוג אום אויפצוהאלטען איהם אויפ'ן פלאץ און ניט לאזען איהם אראפקייקלען זיך, ווען ער האט זיך אבער אנגעהויבען צו בעוועגען, ווערט שוין די רייבונג צווישען איהם און דעמזעלבען בארג שוואכער און זי קען איהם ניט אפהאלטען פון בעוועגען זיך. דער ווייטערדיגער צו־וואוקס פון שנעלקייט מאכט שוין א קליינעם אונטערשייד, סיידען דער צו־וואוקס איז אונגעהויער גרויס. אין דעם הינזיכט איז דא א גרויסער אונטערשייד צווישען הארטע זאכען און פליסיגע אדער גאזען. עס איז פריהער אנגעצייגט געווארען דער אונטערשייד אין דעם כאראקטער פון רייבונג וואס קומט פאר אין הארטע זאכען, ווען זיי בעוועגען זיך איבער די פלאכען פון אנדערע הארטע זאכען, און ווען זיי בעוועגען זיך למשל אין וואסער אדער אין לופט. אין הארטע זאכען איז די רייבונג גרעסער, ווען זיי ליגען רוהיג איינע אויף די אנדערע, ווען איינע פון זיי הויבט זיך אן צו בעוועגען איבער דער אנדערער ווערט די רייבונג קלענער, די שנעלקייט אבער פון דער בעוועגונג האט א קנאפען איינפלוס אויף צו פערקלענערען די רייבונג. ווען אבער א קויל למשל טראגט זיך דורך די לופט אדער א שיף

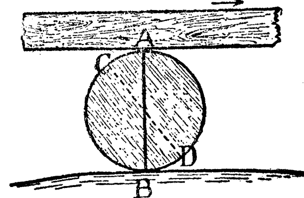
טראגט זיך איבער׳ן וואסער, ווערט די שטערונג וואס די לופט אדער דאס וואסער מאכט געגען זייער בעוועגונג אלץ גרעסער, וואס שנעלער די קויל אדער די שיף בעוועגען זיך. די שטערונג וואקסט כפל־כפלים מעהר ווי עס וואקסט די שנעלקייט פון דער בעוועגונג, דאס הייסט אויב די שנעלקייט פון דער קויל אדער דעם שיף זאל זיך פערגרעסערען אויף 5 מאהל, וועט די שטערונג פון דער לופט און פונ׳ם וואסער פערגרעסערען זיך ניט אויף 5 מאהל, נאר אויף פינף מאהל פינף אדער 25 מאהל, און אין גאר גרויסע שנעלקייטען ווערט די שטערונג נאך גרעסער ווי כפל־כפלים. דאס ערקלעהרט טיילווייז די שווערקייט פון קענען האבען גאר שנעלע צוגען. ביי דאמפפ־שיפען פון גרויסער שנעלקייט רעכענט מען אז די שטערונג פון וואסער וואקסט ניט נאר כפל־כפלים, נאר כפל־כפל־כפלים, דאס הייסט ווען די שנעלקייט זאל זיך פערגרעסערען 2 מאהל וועט די שטערונג פונ׳ם וואסער זיין צווייםאל צוויי $2\times2\times2$ אדער 8 מאהל. אויב די שנעלקייט פערגרעסערט זיך אויף 3 מאהל, וועט די שטערונג פערגרעסערען זיך $3\times3\times3$ אדער 27 מאהל, דא וואקסט שוין די שטערונג אונגעהויער. צום ביישפיעל די שיף צעדריק פון דער קאמפאני ווהייט - סטאר ליין מיט א שנעלקייט פון 17 מייל א שטונדע, האט געהאט איהרע אינדזשינס פון 14000 פערד־קראפט און זי האט געקענט שלעפען א משא פון 38000 טאן, און דער שיף „קייזער ווילהעלם דער צווייטער" פון דער קאמפאני נארד — דייטשע — לאייד — ליין האבען א שנעלקייט ניט מעהר פון 24 מייל א שטונדע ניט מעהר ווי 7 מייל שנעלער ווי די ערשטע, האט געמוזט האבען אינדזשינס פון 40000 פערד־קראפט און האט געקענט האבען אנגעלאדעוועט אם העכסטען א געוויכט פון 26000 טאן.

קומענדיג צו דער פראגע, ווי ווייט די פארמע און די גרויס פון די פלאכען האבען אן איינפלוס אויף די רייבונג, קען זיך פון אויבען אויף אויסווייזען, אז וואס קלענער די פלאכע, דארף די רייבונג אויך זיין קלענער. דאס אבער איז ניט ריכטיג, פערגעסט ניט אז וואס גרעסער דער דרוק איז די רייבונג, ווי מיר האבען פריהער בעוויזען, אויך גרעסער. א שטיק אייזען פון הונדערט פונט דריקט אויף דער פלאכע, אויף וועלכער ער רוהט, מיט א קראפט פון הונדערט

פונט. אויב די פלאכע ארום און ארום איז צעהן פוס גרויס, וועט זיך דער דרוק פון די הונדערט פונט צושפרייטען איבער די צעהן פוס, זאל מען די פלאכע ארום און ארום פערקלענערען אויף איין פוס, זאלאנג דער וואג פון דעם שטיק אייזען וועט בלייבען דיזעלבע הונדערט פונט, יועט דער שטך פון איין פוס האבען אויף זיך דעם גאנצען דרוק פון די הונדערט פוס, און מיר וועלען גאר נישט געווינען דער־ביי. דאס וואס מען זוכט צו מאכען די אקסען פון די רעדלאך און די פיינסטע מעכאניזמען פון זייגערלאך וואס שפיציגער, האט ניט צו טהאן מיט דער רייבונג. דאס האט צו טהאן מיט די געזעצען פון ליוועדס. ווי מיר וועלען דאס בעטראכטען אין די ווייטערע קאפיט־לען איבער די איינפאכע מאשינען.

אויב די פארמע און די גרויס פון די פלאכען האט א קנאפען איינפלוס אויף די רייבונג, האט שוין די פארמע פון דער בעוועגונג— צי די בעוועגונג איז א גליטשעדיגע אדער א קייקעלדיגע—יע א וויר־קונג אויף די רייבונג. ווען איהר לעגט אונטער צווישען צוויי פלא־כע שווערע זאכען קיילאכדיגע שטיקער פון הארטען האלץ אדער מעטאלענע צילינדערען, ווי למשל שטיקער רונדע פייפס, וועט איהר געפינען, ווען איהר נעהמט בעוועגען איין פלאכע איבער דער אנ־דערער, אז די רייבונג צווישען די פלאכען איז געווארען פיעל פער־קלענערט, כמעט ווי אין גאנצען פערניכטעט. דאס קומט דערפון וואס די צילינדערען קייקלען זיך און דער דרוק פון דער שווערער מאססע פון אויבען בייט איבער די ריכטונג יעדעס מאל ווען דער צילינדער רוקט אונטער א נייעם פרישען פונקט אונטער די פלאכע וואס בעוועגט זיך איבער איהם און מאכט דעם צילינדער אליין אויך צו קייקלען זיך (פיג. 2) אט האט די באלקע בעריהרענדיג דעם פונקט A

פיגור 2.



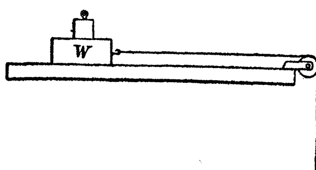
די רייבונג ווען די פלאכען בעוועגען זיך איבער קיילינדיגע זכאען.

געדריקט אין דער ריכטונג פון דער ליניע B A און אין דעם צווייטען מאמענט שטעלט אונטער דער צילינדער דעם פונקט C אונטער דער באלקע און דער דרוק נעהמט א נייע ריכטונג C D קומענדיג אין יעדען מאמענט אין בעריהרונג מיט פרישע פונקטען, האבען די זאכען ניט די מעגליכקייט איינצוועסען זיך איינע אין די אנדערע און דארום קאן צווישען זיי קיין רייבונג ניט פארקומען. זעהט נאר דעם אונטערשייד ווען איהר זאלט לאזען א שטריק ציהען זיך דורך אייער האנד, אדער ווען איהר בעוועגט אייער האנד צוזאמען מיט דער שטריק. אין דעם ערשטען פאל וועט איהר שנעל דערפיהלען און דערזעהען די ווירקונג פון דער רייבונג פון דער שטריק אויף אייער האנד, וועהרענד אין דעם צווייטען פאל, ווען מיר גיבען איבער די שטריק צו יעדען מאמענט פון איין האנד צו דער אנדערער, בעוועגענדיג די האנד אין הארמאניע מיט די שטריק בעוועגונגען, קענט איהר אנגעהן א לאנגע צייט מיט דער ארבייט און איהר וועט קיינע שלעכטע רעזולטאטען פון דער רייבונג צווישען שטריק און האנד גאר ניט פיהלען. וואלטען די צילינדערען אפילו פון די הארטעסטע זאכען קענען זיין פאלקאמענע צילינדערען, וואלטען דורך זיי אין גאנצען פערשוואונדען די רייבונגען צווישען די פאלכען. אבער דער צילינדער אליין דורך דעם דרוק פון דער אויבערשטער שווערער זאך וועט מוזען אין א צייט דא און דארט אנוועדען זיין פאלקאמענע קיילאכדיגע פארמע, אויסער דעם מאכט דער צילינדער מיט דעם שווערען דרוק פון אויבען גריבעלאך אין דער אונטערשטער פלאכע, און אום ארויסצוקומען פון די גריבעלאך וועט דער צילינדער מוזען אין זיין בעוועגונג קלעטערן דא ארויף און אראב בארג, דאס בעווייזט, אז אין גאנצען קען מען די רייבונג ניט פארניכטען.

אום אויסצוגעפינען די גרויס פון רייבונג צווישען פערשיידענע מאטעריאלען ווערען אם מייסטען געברויכט 2 מעטאדען. אויף א

גלאטען ברעט, אדער טיש. פיג. 3. ווערען אוועקגעלעגט פערשיידענע

פיגור 3.

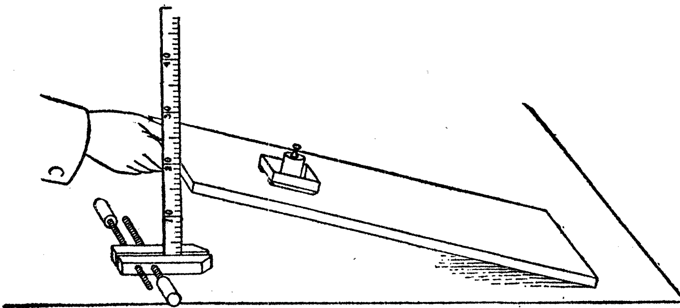


דער קאאפיציענט פון רייבונג.

שטיקער שטאפען פון א געוויסען וואג. צו דעם אויבערשטען שטיק ווערען דורך א דינע שטריקעל צוגעבונדען געוויכטער פון פערשידענע גרויס, די שטריקעל מיט דעם געוויכט ווערט אריבערגעצויגען אי־בער א פולי, אדער א רעדעל, און דאס הענגט פאזע דעם גלאטען ברעט, מען הייבט אן געוויכטען פון פערשיידענער גרויס, אנהויבענדיג פון די קלענסטע ביז דער געוויכט הויבט אן צו בעוועגען דעם אויבערשטען שטיק איבער'ן גלאטען טיש. טיילענדיג דעם גע־וויכט וואס איז נויטיג געווען אום צו בייקומען די רייבונג צווישען זיי און אנצוהויבען צו בעוועגען דעם אויבערשטען שטיק אויף דעם געוויכט פון דעם שטיק זעלבסט, קריגט מען א צאהל וואס דריקט אויס די פערהעלטנים צווישען די רייבונג פון די ענטשפרעכענדע שטאפען און דעם וואג אדער דרוק פון דער זאך וואס בעוועגט זיך אויפ'ן גלאטען טיש. די צאהל הייסט אין מאכאניקע דער קאעפי־ציענט פון רייבונג צווישען די שטאפען. דער קאעפיציענט פון שטאל וואס בעוועגט זיך איבער א שטאלענעם טיש, איז נאהענט פון א זיבעטעל, דאס הייסט, א געוויכט פון א פונט וועט בעוועגען א שטיק שטאל פון 7 פונט אויף א גלאטען שטאלענעם טיש. דער קאעפיציענט פון רייבונג פון שטאל און אייז איז איין זיבעציג־טייל, צעהן מאל וועניגער ווי צווישען שטאל און שטאל, צין און צין איין דריטעל. געוואנט און געוואנט נאהענט פון א העלפט, א. אז. וו. די צווייטע מעטאדע איז דער־זעלבער גלאטער טיש מיט א אויבערשטען שטיק האלץ, נאר אנשטאט צו אנהייגען געוויכטען אויפ'ן אויבערשטען שטיק שטאף, הויבט מען אויף דעם אונטערש־

טען ברעט, ביז דער אויבערשטער שטיק הויבט זיך אן ארונטערגלי־
טשען איבער'ן ברעט, טיילענדיג די הויך וואס מען האט געדארפט
אויפהויבען דעם ברעט אויף די לייגג פון דעם ברעט, געפינט מען
דעמזעלבען קאעפיציענט פון רייבונג. (פיג. 4).

פיגור 4.



קאפיציענט פון רייבונג.

אין די אלע פריהערדיגע פאלען האבען מיר בעטראכט
רייבונג ווי א שטערונג צו בעוועגונג, און האבענדיג אין
זינען שנעלע בעוועגונג און ארבייט פון מאשינען קען מען
זיין גענייגט צו קוקען אויף די רייבונג ווי אויף
א צרה, וועלכע מוז בעזייטיגט ווערען און געגען וועלכע דער מענש
האט זיך געקליגט צו אנווענדען פערשיידענע מיטלען אום איהר צו
בעקעמפפען אום איהר צו פערקלענערען. פון דיזער איינזייטיגער בע־
טראכטונג קען זיך ווענען אויסדוכטען, אז עס וואלט בעסער געווען
פאר דער וועלט, ווען אזא זאך ווי רייבונג וואלט אין איהר גאר ניט
בעשאפען געווארען.

עס וועט גענוג זיין אנצוצייגען אויף עטליכע נוצען פון דער
רייבונג, אום צו איבערצייגען יעדען איינעם, וואס פאר אן אומגליק
עס וואלט געווען פאר דער וועלט ווען די רייבונג זאל פערשווינדען.
עס וואלט געווען אונמעגליך וואס עס איז איינצוהאלטען אין האנד.
אלעס: טעלער, גלעזער, מינצען וואלטען זיך גלייך אויסגעגליטשט
פון די הענד. יעדע זאך וואלט געמוזט בעזארגט ווערען מיט הענטלעך

אום זיי איינצוהאַלטען. די זאכען וואָס שטעהען אויף אַ טיש וואָלטען זיך ארונטערגעטראָגען פון דעם מינדעסטען ריהר, פון'ם מינדעסטען בלאָז אפילו פון א ווינטעלע. קיין נאָגעל וואָלט זיך ניט געקענט האלטען, עס וואָלט אפילו גאַנץ לייכט געווען איהם אריינצוזעצען, ער וואָלט אָבער גלייך ארויספליהען, איידער איהר וואָלט אויפגעהויבען דעם האַמער פאר א צווייטען קלאפּ. ווער רעדט וועגען פאָהרען אויף באהנען, בייסיקלעך, אַ. ז. וו., דאָס וואָלט געווען אַן אונמעגליכע זאך. געהען אין אונזערע געוועהנליכע שיך וואָלט געווען אַ שרעקליכע ערפאהרונג ניט נאָר בארג אַראָב, נאָר אפילו אויף אַ גלייכען וועג וואָלטען מיר זיך אַוועקגעגליטשט אָהן אַ סוף, ביז מיר וואָלטען געקענט אָנכאפּען זיך אָן אַ וואַנט, אָן א סטאלב, אָן אַ בוים. די רייבונג העלפט אונז אין טויזענטער פאַלען סיי צו אָבשטעלען אַ בעוועגונג, סיי אָנצופאַנגען די בעוועגונג. ווען די רעלסען זיינען נאַס און גליטשיג בעשיט מען זיי מיט זאמד צו פערגרעסערען די רייבונג און מאכען מעגליך פאר דעם לאָקאָמאָטיוו צו ריהרען זיך פון אָרט. וואָס פאר אַ נוצען וואָלט אונז געבראכט דאָס וואָס אָהן רייבונג וואָלטען טעאָרעטיש די מאַשינען געאַרבייט בעסער, ווען די טיילען פון די מאַשינען וואָלטען זיך צופאלען, ווייל קיינע שרויפען אָדער נעגעל וואָלטען זיך ניט געקענט האלטען אין זייערע פלעצער.

פיערטער קאפיטעל

איינפאכע מאשינען. — די פולי.

די קאלא וואראטקע, אדער די פולי ווי זי רופט זיך אין ענג־ליש, איז איינע פון די ווייניגע איינפאכע מאשינען וועלכע זיינען אנגעווענדעט געווארען פון די גראה־אלטע צייטען אן.

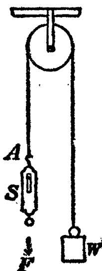
א פולי איז דער איינפאכסטער פארמע איז א רעדעל וואס דרעהט זיך אויף אן אקס. דער אויבערשטער טייל איז אביסעל אויס־געשניצט, כדי ער זאל קענען אויפהאלטען א שטריקעל און ניט לאזען זיך איהר ארויסגליטשען. דער אקס איז איינגעפיקסט אין א ראמקע וועלכער הייסט דער בלאק. געוועהנליך נעהמט די ראמקע ארום דעם רעדעל ארום און ארום און דער רעדל קומט אוים אין גאנצען אינווענינ אין דער ראמקע, אמאל ווערט געברויכט א קלענערע ראמ־קע, אדער בלאק און א האלבער רעדעל סטארטשעט ארוים פון דער ראמקע, אין וועלכער דער אקס נור איז איינגעפיקסט.

אויב דער רעדעל מיט זיין אויבערשטער אויסגעשניצטער קא־נאווקע וואלט זיך ניט געקענט פריי דרעהען ארום זיין אקס, וואלט די שטריקעל געמוזט זיך גליטשען איבער דער קאנאווקע וואלט די רייבונג צווישען איהר און דעם רעדעל געווען זעהר גרוים. מיט דערמיט וואס דער רעדעל דרעהט זיך פריי אויף זיין אקס, האבען מיר זיך בעפרייט פון דער רייבונג פון דער שטריקעל און אנשטאט דעם האבען מיר די רייבונג צווישען דעם רעדעל און דער אקס, וועל־כע איז פיעל קלענער. ערשטענס, מאכט יעדער פונקט פון רעדעל ארום דעם אקס א פיעל קלענערע שטרעקע ביי'ן דרייען זיך ווי דער פונקט ביי'ן אויבערשטען ראנד פון דער רעדעל; צווייטענס, קען מען די מאטעריאלען פון דער אקס, און דעם טייל פון רעדעל וואס קומט שטענדיג אין בעריהרונג מיט'ן אקס מאכען אזעלכע וואס האבען אן אונבעדייטענדע רייבונג צווישען זיך. אויסער דעם קען מען די טיילען האלטען נאך אין א קלענערען צושטאנד פון רייבונג דורך דעם וואס מען בעדעקט זיי מיט פערשיידענע מינים פעטס. צו בעטראכטען גענויער דעם

מעכאנישען ווערטה פון דער איינפאכער מאשין, דארף מען בעטראכ־
טען צווייערליי פאלען, דער ערשטער פאל איז, ווען דער בלאק פון
דער פולי קען זיך ניט בעוועגען, אדער ווי מען רופט דאס איין
איינגעפיקסטע פולי, און דער אנדער סארט פולי איז אזעלכער, ווען
דער בלאק אדער די ראמקע קען זיך בעוועגען, דער מין פולי הייסט
א בעוועגליכע פולי. דער מעכאנישער ווערטה פון די צוויי סארטען
פולים איז זעהר פערשיידען.

די איינצעלנע איינגעפיקסטע פולי (פיג. 5).

פיגור 5.



איינצעלנע איינגעפיקסטע פול.

פון אויבען זעהט איהר א שטיק פון א באלקע צו וועלכע די
קליינע ראמקע פון דער פולי איז פעסט איינגעפיקסט געווארען, גע־
וועהנליך מיט אייזערנע הוקס, אדער וועלכע עס איז אנדערע מיט־
לען. די ראמקע איז אומישנע פארגעשטעלט געווארען א דינינקע,
ניט ווי זי איז אין דער ווירקליכער פראקטיקע, אום מיר זאלען קע־
נען בעקוועמער בעטראכטען דעם רעדעל. אויף די צוויי עקען פון דער
שטריקעל וואס הייגען פון דעם רעדעל זעהט איהר אויף דער רעכ־
טער האנד צוגעטשעפעט א געוויכט W לאמיר אננעהמען א גע־
וויכט פון 10 פונט אייזען. אויף דער לינקער זייט הייגט א ספראנ־
זשינע וואג, וועלכע איהר קענט ציהען מיט'ן האנד. דער שטיק איי־
זען פון 10 פונט ווערט ארונטער צוגעצויגען צו דער ערד מיט א
קראפט פון 10 פונט, אום בייצוקומען אט די קראפט פון 10 פונט
וואס שלעפט דעם שטיק אייזען ארונטער, ווענדען מיר אן אויף דער

אנדער זייט א גנגען קראַפט, אַ קראַפט פון די אַנגעשטרענגטע מוסק־
לען פון דער האנד. איהר ציהט מיט אייער האנד די ספּראַנדשינע
וואַג S ביז דער שטיק אייזען W הויבט זיך אָן לאַנגזאם הויב־
בען אַרויף צו אנשטאט אַרונטערצופאַלען. דאָס הייסט, די גנגען
קראַפט פון אייערע אַנגעשטרענגטע מוסקלען האַט בייגעקומען די
צוציהונג קראַפט פון 10 פונט צווישען דעם שטיק אייזען און דער
ערד. לעזט איבער אויף דער ספּראַנזשינע וואַג וואָס פערצייכענט די
קראַפט וואָס ציהט איהר פאַנאַנדער און עס צייגט אָן 10 פונט. דאָס
הייסט, אייער אנשטרענגונג קראַפט וואָס האָט בייגעקומען די 10
פונט צוציהונג־קראַפט איז אויך 10 פונט. וואָלט די רייבונג צווי־
שען דער שטריקעל און דער פולי און צווישען דער פולי און דעם
אַקס געווען א בעדייטענדע, וואָלט די אנשטרענגונג קראַפט פון האַנד
געמוזט זיין מעהרער פון 10 פונט, ווייל מען וואָלט געדאַרפט ביי־
קומען אויסער די 10 פונט געוויכט אויך די דאָזיגע רייבונג. אזוי
ווי די אַנשטרענגונג־קראַפט איז ניט פיעל מעהר פון די 10 פונט
געוויכט, וואָס ווערט אויפגעהויבען אַרויפצו דורך די האנד־קראַפט,
צייגט דאָס אז די רייבונג אין דער איינריכטונג פון דער פולי איז א
גאַנץ קליינע כמעט ווי גאַר ניט. דער עקספּערימענט בעווייזט אויך
אַז אין דעם סאָרט פון אַן איינגעפיקסטער פולי איז די ארבייטענדע
קראַפט F וואָס פּראָדוצירט די בעוועגונג פון פינקטליך דער זעל־
בער גרויס ווי די קראַפט W וואָס צייגט אַרויס א ווידערשטאַנד
צו דער בעוועגונג אַרויף־צו.

אויסער דעם, ווען איהר בעטראַכט די לייגג פון די שטרעקען
וועלכע דיביידע קראַפטען F און W מאַכען דורך אין זייער
בעוועגונג, וועט איהר גלייך איינזעהען אז דער פונקט A וואו
עס ארבייט די אַנשטרענגונג קראַפט פון דער האנד וועט זיך אין זיין
בעוועגונג אַרונטערלאָזען גראַדע אויף אַזוי פיעל, אויף ווי פיעל דער
געוויכט W וועט זיך אויפהויבען. מיט אַנדערע ווערטער אויב
קראַפט F לינקס האַט זיך בעוועגט 2 פוס אַרונטער צו און האָט
פערגרעסערט די שטריקעל אויף 2 פוס, האָט דער געוויכט W
אויפגעהויבען זיך אויף 2 פוס און די שטריקעל אויף דער זייט האָט
זיך פערקלענערט גראַדע אויף 2 פוס.

אין מעכאניקע ווערט די ארבייט פון יעדער קראפט געמאסטען דורך דעם וואס מען כפלט די גרויס פון דער קראפט אויף דער שטרע־קע וואס די זאך, אויף וועלכע די קראפט ארבייט האט דורכגע־מאכט. למשל, ווען א שטיין פון 100 פונט איז אראבגעפאלען 6 פוס, דריקט מען דאס אויס אז די צוציהונגקראפט האט טרייבענדיג די 100 פונט דורך א שטרעקע פון 6 פוס אבגעטהאן אן ארבייט פון הונדערט מאל זעקס אדער 600, דאס הייסט די ארבייט וואס די קראפט האט דא אבגעטאן איז 600 מאל אזוי פיעל ווי ווען איין פונט זאל האבען ארונטערגעפאלען אויף א שטרעקע פון איין פוס.

אזוי ווי אין דעם פאל פון דער איינגעפיקסטער פולי, זיינען די 2 געגענגעזעצטע קראפטען גלייך און אין זייער בעוועגונג מאכען

זיי דורך דיזעלבע שטרעקען, דריקט מען אויס אין מעכאניקע דעם געזעץ פון דער אונבעוועגליכער פולי אויף אזא אופן. די ארבייט וואס די טהעטיגע קראפט **F** טהוט אב איז פונקט אזוי גרויס ווי די ארבייט פון דער צוציהונגס קראפט **W** אדער די ארבייט וואס ווערט אריינגעלעגט אין דער מאשין לינקס ביים פונקט **A** איז גלייך צו דער ארבייט וואס די מאשין טהוט אב רעכטס ביי **W**

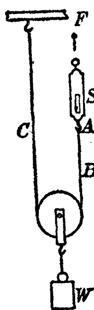
היינט שטעלט זיך דאך די פראגע, וואס געווינען מיר דא מיט אזא מאשין? פארקעהרט, עס זעהט אויס אז מיר פערלירען נאך דורך אזא מאשין. ווי ניט קליין, אבער דאך א שטיקעל רייבונג איז דאך דא צווישען דעם רעדעל און דעם אקס, און צווישען דעם רעדעל און דער שטריקעל. וואלט דען ניט פיעל גלייכער געווען צו לעגען די אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד דירעקט אויפ'ן געוויכט און אויפהויבען די 10 פונט די זעלביגע 2 פוס אהן קיינע מאשינען? דער געווינס בעשטעהט אין דעם, וואס דורך דער איינגעפיקסטער פולי קענט איהר בייטען די ריכטונג פון דער אנשטרענגונג קראפט אויף אלערליי אופנים.

אהן דער מאשין וואלט איהר געדארפט שלעפען דעם געוויכט ארויף צו און דורך דער פולי, שלעפט איהר די שטריקעל לינקס ארונ־טער, און דער געוויכט בעוועגט זיך ארויף צו. אן ארבייטער וואס דערלאנגט ציגעל, וואפנע, צעמענט צו דעם אנדערען ארבייטער, וואס שטעהט הויך אויף א געביידע, בינדט צו די כלי מיט די צי־

נעל, א. ז. וו. צו איין עק פון דעם שטריק, וועלכע איז אריבער־געווארפען איבער א פולי וואס איז איינגעפיקסט געווארען אויפ'ן שפיץ פון דער געביידע, און ארונטערציהענדיג מיט זיין קראפט דעם אנדערען עק פון דער שטריק, שלעפט ער די ציגעל ארויף צו, און ער געווינט דערמיט זעהר פיעל. ערשטענס, איז לייכטער צו מאכען מיט דער האנד בעוועגונגען אויף ארונטער, ווי צו שלעפען זיי ארויף צו און צווייטענס ארויפלעגענדיג די כלי מיט די ציגעל צו זיך אויף די פלייצעס וואלט ער געדארפט קלעטערען אויף א לייטער און שלעפען זיין גאנצען קערפער צוזאמען מיט די ציגעל ארויף צו. אדער אויב איהר ווילט געברויכען די קראפט פון א פערד צו שלעפען די ציגעל ארויף צו און א פערד קען דאך ברויכען זיין קראפט אין גלייכער ריכטונג און ניט אין דער ריכטונג פון ארויף און אראב, קענט איהר דאס לייכט טהאן מיט דער הילף פון אט אזעלכע פולים. איין איינגעפיקסטע פולי געפינט זיך ווי פריהער אויבען אויף דער געביידע און א צווייטע איז איינגעפיקסט אויף דער ערד. די ציגעל ווערען צוגעבונדען צו איין עק פון דער שטרי־קעל, דער צווייטער עק ווערט אריבערגעווארפען איבער דער אוי־בערשטער פולי און נאך דעם איבער דער צווייטער פולי אויף דער ערד. דער פערד שלעפט דעם צווייטען עק פון דער שטריקעל אין דער גלייכער ריכטונג הין און צוריק און די ציגעל הויבען זיך ארויף צו צום שפיץ פון דער געביידע. אזא מין פולי ווערט געברויכט אי־בעראל. שלעפענדיג א עמער וואסער פון א ברוניםווארפט מען אריבער די שטריקעל איבער אזא פולי און ציהענדיג די שטריקעל ארונטער שלעפט זיך דעם עמער וואסער ארויף צו. אזוי ווערען וועש אויפגעהאנגען אויף דער ליין. איהר שלעפט איין זייט פון דער שטריקעל צו זיך, און דורך דער פולי ציהט די אנדערע זייט שטריק מיט די וועש אוועק פון אייך און פערקעהרט. אזעלכע פולים געפינט איהר אויף יעדען שריט און טריט.

דער צווייטער סאָרט איז די בעוועגליכע פולי. די איינצעלנע בעוועגליכע פולי.

פיגור 6.



א איינצעלנע בעוועגליכע פולי.

קוקט זיך צו צו דער פיגור און איהר געפינט דיזעלבע פולי, נאָר אַנדערש איינגעריכטעט. צו דער אויבערשטער באַלקע איז אַנגעטשעפּעט ניט דער בלאָק פון דער פולי, נאָר איין עק פון דער שטריקעל, דער געוויכט ,W איז ניט אויפגעהאנגען אויף'ן שטריקעל, נאָר איז אַנגעטשעפּעט אויף'ן בלאָק, אָדער מיט אַנדערע ווערטער דער געוויכט ציהט ניט די שטריקעל ארונטער, נאָר ער דריקט אַרונטער דירעקט דעם בלאָק און דעם אקס וואָס האַלט אויף דעם בלאָק און צוזאמען מיט'ן בלאָק שלעפּט ער אַרונטער די גאַנצע פולי. אויף'ן צווייטען עק פון דער שטריקעל איז צוגעטשעפּעט דיזעלבע ספּראַנזשינע וואָג וועלכע מען מוז אויפהאַלטען מיט דער האַנד און ציהען איהם אויף אַרויפצו אַנשטאָט אַרונטער ווי אין דעם ערשטען פאַל. אין דיזען פאַל פון דער בעוועגליכער פולי קען מען די ספּראַנדזשינע וואָג מיט דער שטריקעל אויך אַנטשעפּען אויף דערזעלבער באַלקע, און ביידע עקען פון דער שטריקלע וועלען בלייבען אונבעוועגליך צוגעטשעפּעט אויף דער באַלקע. זאָל זיין דער געוויכט W ווי פריהער 10 פונט. אויב ביידע עקען, מיט דער ספּראַנזשינע אויף רעכטס זיינען אַנגעטשעפּעט אויף דער באַלקע וועט איהר געפינען אַ מערקווירדיגע זאַך, די ספּראַנזשינע צייגט אַן

פינף פונט און ניט צעהן, ווי פריהער. דאָס הייסט, דער געוויכט W פון 10 פונט, וואָס איז אויפגעהאנגען אויפ'ן בלאָק, אויפ'ן מי־טען הייסט דאָס פון דער פולי, ציהט די רעכטע זייט פון דער שטרי־קעל ניט מיט א קראַפט פון 10 פונט, נאָר מיט א קראַפט העלפט פון 10 פונט. מיט א קראַפט פון 5 פונט. אויב איהר זאָלט די ספּראַנ־זשינע אויפהאַלטען מיט'ן האנד און איהר זאָלט מיט דער אנשטרענ־גונג פון אייערע מוסקלען לאנגזאם ציהען די רעכטע זייט פון דער שטריקעל מיט דער ספּראַנזשינע ארויף צו, און אויף אַזאַ אופן ציהען אויף ארויף צו דעם געוויכט W וועט איהר אויף דער ספּראַנזשי־נע לעזען דיזעלבע געשיכטע, די ספּראַנזשינע צייגט אן אויף 5 פונט, דאָס הייסט אז די אנשטרענגונג קראַפט פון אייער האנד איז יעצט 5 פונט, און מיט דער אנשטרענגונג פון א קראַפט פון 5 פונט, הויבט איהר יעצט אויף א געוויכט פון 10 פונט.

עס איז זעלבסטפערשטענדליך אז אין דעם פאַל גראַדע ווי אין דעם ערשטען פאַל, נעהמען מיר ניט אין אנבעטראַכט די אונבעדייַ־טענדע רייבונג אין דער פולי, אויך ניט די וואָג פון דער דינער שטרי־קעל. דאָס איז זאָ ווייט אונבעדייטענד, אז אויף א געוועהנליכער פּראַסטער ספּראַנזשינע קען מען דאָס ניט בעמערקען. אויף א גאַר פּינקטליכע דעליקאַטע וואָג וואָלט מען אויסגעפונען אז די אנשטרענ־גונג קראַפט פון דער האנד איז עטוואָס מעהר פון 5 פונט; גראַדע אַזוי ווי אין דעם ערשטען פאַל מיט דער אונבעוועגליכער פולי, וואָלט אויף א פּינקטליכער וואָג די אנשטרענגונג קראַפט פון דער האנד גע־צייגט עטוואָס מעהר פון 10 פונט. ווי איז דאָס מעגליך צו פער־שטעהן, וואָס מיט די בעוועגליכע פולי גיט אונז די מעגליכקייט מיט א אַנשטרענגונג קראַפט פון 5 פונט הויבען א געוויכט פון 10 פונט? שפּעטער ווען מיר וועלען בעקאַנט ווערען מיט דער צווייטער איינפאַכער מאַשין וועלען מיר קענען מיט דעם געזעץ פון דער הע־בעל, אַדער ווי ער הייסט אין רוסיש דער ריטשאַג — ערקלערען דעם מעכאַנישען געווינס פון דער בעוועגליכער פולי. דערווייַלע וועט זיין גענוג צו געבען די פאָלגענדע איינפאַכע ערקלערונג. קוקט זיך צו צו דער פיגור. דער געוויכט W פון 10 פונט הייננט אין מיטען פון דער פולי און ער ציהט אן ביידע זייטען פון דער שטרי־קעל סיי רעכטס, סיי לינקס גלייך. אַזוי ווי ביידע זייטען ווערען אנ־

געצויגן מיט אַ קראַפט פון 10 פונט, הייסט דאָס אַז יעדע זייט בעזונדער ווערט אַנגעצויגן מיט אַ העלפט פון די 10 פונט, דאָס הייסט די רעכטע זייט שטריקעל מיט דער ספּראַנזשינע ווערט אַנגעצויגן נאָר מיט אַ קראַפט פון 5 פונט אויף אַרונטער צו, און אום דאָס צו בייקומען ברויכען מיר צו האָבען אַ געגען קראַפט וואָס אַרבייט אויף אַרויפצו נאָר פון 5 פונט, און עטוואָס מעהר פון 5 פונט וועט בייקומען דעם געוויכט און מאַכען ער זאָל זיך בעוועגען אַרויף צו. אום דאָס ווירקליך צו בעווייזען, קענט איהר איינפּיקסען אַ צווייטע ספּראַנזשינע וואָג אויף דער לינקער זייט פון דער שטריקעל, און די ספּראַנזשינע וועט אייך איבערצייגען אַז אויף דער זייט שטריקעל איז דאָ אויך אַ קראַפט פון 5 פונט. דער עקספּערימענט מיט דער איינצעלנער בעוועגליכער פּולי בעווייזט אַז מיט דעם סאָרט פּולי איז די אַנשטרענגונג קראַפט F פּונקט אַ העלפט פון דער געגען־קראַפט w. אַדער אַ העלפט פון דעם געוויכט w וועלכע די אַנשטרענגונג קראַפט זוכט צו בייקומען. נעהמען מיר בעטראַכטען די שטרעקען וואָס די קראַפטען F און w געהען דורך אין זייער בעוועגונג, וועט זיך אויסווייזען אַ פּערקעהרטע פּערהעלטניס. ווען דער געוויכט w הויבט זיך אויף זעקס פוס, דאָס הייסט 6 פוס נעהענטער צו דער באַלקע, וועלען דאָך מוזען ביידע זייטען פון דער שטריקעל, אי די רעכטע אי די לינקע, דערנעהענטערען זיך צו דער באַלקע, יעדע זייט אויף 6 פוס, מיט אַנדערע ווערטער הייסט דאָס, אַז די קראַפט F פון דער האַנד וועט מוזען אויסציהען ניט 6 נאָר 12 פוס פון דער שטריקעל אַרויף צו. ווי מיר האָבען פריהער געלערנט, ווערט די אַרבייט פון יעדער קראַפט געמאָסטען דורך דעם וואָס מיר כפל'ען די גרויס פון דער קראַפט אויף די שטרעקע וואָס די קראַפט האָט געמאַכט די זאַך אויף וועלכע זי ווירקט צו בעוועגען זיך.

אַנווענדענדיג דעם רעגעל צו אונזערע צוויי קראַפטען אין דער איינצעלנער בעוועגליכער פּולי, וועלען מיר לייכט אויסגעפינען אַז דער געוויכט w פון 10 פונט, אַדער די צוציהונגקראַפט פון 10 פונט האָט זיך אויפגעהויבען אַ שטרעקע פון 6 פוס אין דער הויך האָט די קראַפט אַבגעטהאָן אַן אַרבייט פון 10 מאָל 6 אַדער 60 פונט־פוס.

די טהעטיגע קראפט F פון דער האנד, וואס האט געשלעפט דעם געוויכט, איז דאך אין דעם פאל ניט מעהר ווי 5 פונט, דערפאר אבער האט זי דורכגעמאכט א שטרעקע פון 12 פוס, הייסט דאס אז די ארבייט פון דער האנד איז 5 מאל 12 אויף 60 פונט־פוס, קומט ווייטער אוים דאסזעלבע ווי אין דעם פאל פון דער איינגעפיקסטער פולי, אז די ארבייט וואס איז אריינגעלעגט געווארען אין דער מא־שין ביי דער ווירקענדער קראפט F רעכטס איז פונקט דיזעל־ביגע וואס די געגען־קראפט אדער דער געוויכט W האט אבגע־טהאן אויף איהר פלאץ אין דער מאשין.

די מעכאנישע ארבייט איז טאקע דיזעלביגע אויףביידע פונק־טען אין דער מאשין, און דאך האבען מיר דורך דער בעוועגליכער פולי א גרויסען געווינס. א קראפט פון 5 פונט קען הויבען א גע־וויכט פון 10 פונט. אמת, די קראפט פון 5 פונט אנשטרענגונג פון אונזער האנד מוז דערפאר דעקען א שטרעקע 2 מאל אזוי גרויס ווי די שטרעקע אויף וועלכע דער געוויכט וועט זיך הויבען, דאס הייסט די אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד וועט מוזען זיך בעוועגען צוויי מאל אזוי שנעל ווי די קראפט וועלכע זי זוכט צו בייקומען, אבער אין מייסטע פאלען וועט אונז ווייניג וואס קימערען וואס מיר ציהען 12 פוס פון שטריקעל אין דער צייט וואס דער געוויכט וועט זיך אויפהויבען נאר אויף 6 פוס, זאלאנג מיר דארפען זיך אנשטרענ־גען נאר מיט קראפט פון 5 געגען א ווידערשטאנד אדער א קראפט פון 10 פונט.

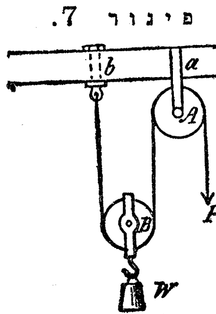
ווען מיר וועלען בעקאנט ווערען מיט די איבעריגע איינפאכע מאשינען, וועלען מיר זעהען אז דער מעכאנישער געזעץ האלט אוים ריכטיג אין אלע פון זיי. אויב דורך א מאשין געווינען מיר אין קראפט, דאס הייסט מיר קענען מיט א קלענערער קראפט בייקומען א גרעסערען ווידערשטאנד, פערלירען מיר אין געשווינדקייט גראדע אזוי ווי מיט דער איינצעלנער בעוועגליכער פולי. מיט איהר געווינען מיר אין קראפט 2 מאל, מיט א קראפט פון 5 פונט קענען מיר הוי־בען א געוויכט פון צעהן פונט, דערפאר פערלירען מיר אין געשווינד־קייט צוויי מאל. די קראפט פון 5 פונט מוז זיך בעוועגען 12 פוס אין דער צייט ווען דער געוויכט הויבט זיך אויף נאר אויף 6 פוס.

פינפטער קאַפּיטעל

קאָמבינאַציאָנען פון פולים.

אין דער פּראַקטיקע ווערען געברויכט א גאַנץ גרויסע צאָהל פון פערשיידענע קאָמבינאַציאָנען אָדער סיסטעמען פון פולים. מיר וועלען זיך מוזען בעגנוגענען מיט א קורצער בעקאַנטשאַפט פון די הויפּט־סיסטעמען. פיג. 7 שטעלט אייך פאַר די איינפאַכסטע קאָמבינאַציע פון 2 פולים, איינע א בעוועגליכע, די צווייטע אַן איינגעפיקסטע.

פיגור 7.

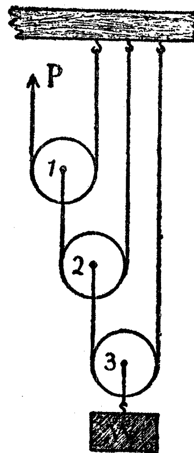


א קאָמבינאַציע פון 2 פולים

דער מעכאַנישער ווערטה פון דער קאָמבינאַציע בלייבט דערזעלבער ווי פון דער איינצעלנער בעוועגליכער פולי, די קראַפט וואָס קען בייקומען און הויבען דעם געוויכט **W** איז א העלפט פון דעם געוויכט. נאָר אנשטאַט צוציהען די רעכטע זייט פון דער שטריקעל ארויף צו, ווארפט מען די שטריקעל אריבער דער איינגעפיקסטער פולי און דורך דעם קענט איהר ציהען די שטריקעל אויף ארינטער און דער געוויכט **W**, צוויי מאָל אזוי גרויס ווי די קראַפט וואָס ציהט די שטריקעל אַרונטער, וועט זיך הויבען אַרויף צו. אין דער קאָמבינאַציע קריגט איהר דעם מעכאַנישען אויפטהו פוןביידע סאָרטען פולים. די בעוועגליכע פולי גיט אונז דעם געווינס אין קראַפט

און די איינגעפיקסטע פולי גיט אונז די מעגליכקייט צו בייטען די ריכטונג פון דער אַנגעווענדעטער קראפט. ווי אויבען דערמאָנט אויב איהר ווילט אז ניט די קראפט פון אייער האנד, נאָר די קראפט פון א פערד זאָל הויבען דעם געוויכט W קענט איהר ברויכען א צווייטע איינגעפיקסטע פולי אויף דער ערד, און דער פערד געהענדיג הין און צוריק, וועט קענען הויבען מיט דער קאָמבינאַציע א געוויכט צוויי מאָל אזוי גרויס, ווי ער וואָלט געקענט שלעפען מיט זיין קראפט אהן א מאשין. די הויפט סיסטעמען פון פולים, וואו עס ווערען געברויכט פיעלע פולים אנשטאט איינער, קענען איינגעטהיילט ווערען אין דרייערליי סאָרטען: די ערשטע און די איינפאכסטע פון זיי איז א קאָמבינאַציע פון פיעלע בעוועגליכע פולים.

פיגור 8.

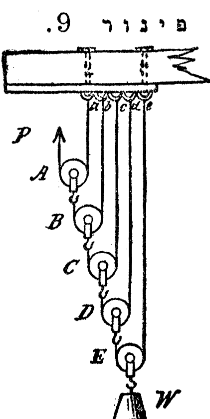


א קאָמבינאַציע פון 3 בעוועגליכע פולים.

(פיג. 8) שטעלט פאר א קאָמבינאַציע פון דריי בעוועגליכע פולים. אין דער קאָמבינאַציע איז דאָ פאר יעדער פולי א בעזונדער שטריקעל. עס זיינען דאָ דריי פולים און דריי שטריקלעך. יעדע שטריקעל איז מיט איין עק פון איהר צוגעבונדען אויף א בעזונדער פלאַץ

צו דערזעלבער באלקע, יעדע פון זיי ווערט אריבערגעוואָרפען אי־בער איהר פולי, די ערשטע שטריקעל איבער דער ערשטער בעוועגלי־כער פולי, די צווייטע שטריקעל איבער דער צווייטער פולי א. ז. וו. דער צווייטער עק פון יעדער שטריקעל, נאָכדעם ווי זי איז אריבערגע־וואָרפען איבער דער פולי, ווערט צוגעבונדען צום בלאָק אָדער צו דער אקס פון דער נעקסטער פולי. די פיג. 8 פון קלאָרקייט וועגען שטעלט

פיגור 9.



א קאמבינאציע פון 5 בעוועגליכע פולים.

פאר די דריי פולים אָהן זייערע בלאָקס. פיגור 9 שטעלט פאר א קאָמ־בינאציע פון 5 בעוועגליכע פולים ריכטיג מיט זייערע בלאָקס, ווי זיי ווערען געברויכט אין דער ווירקליכער פראקטיקע. אויך האָט איהר דאָ פינף פולים און פינף שטריקלעך, א שטריקעל פאר יעדע פולי בעזונדער און די עקען פון יעדער שטריקעל ווערען צוגעבונדען ווי אין פיגור 8, איין עק צו א בעזונדערן פלאץ אין דער באלקע און דער צווייטער עק צום בלאק פון דער נעקסטער פולי. לאָמיר בע־טראכטען דעם געווינס פון דער קאָמבינאציע אין פיגור 8. דער גע־וויכט W, לאָמיר זאָגען דיזעלביגע 10 פונט, דריקט, ווי מיר ווייסען שוין, אויף דער שטריקעל לינקס וואָס איז צוגעבונדען צום בלאק פון דער פולי נומער 2, מיט א העלפט פון זיין קראפט, אָדער מיט א העלפט פון זיין געוויכט, דאָס הייסט מיט א קראפט פון 5

פונט, אָדער מיט אַ העלפט פון זיין געוויכט, דאָס הייסט מיט אַ קראַפט פון 5 פונט. קומט אויס אַז די צווייטע בעוועגליכע פּולי ווערט געשלעפּט פון דעם געוויכט W אַרונטער נאָר מיט אַ קראַפט פון 5 פונט, דער דרוק פון די 5 פונט ווערט דאָך ווייטער צוטיילט אויף צווייען: אויף איהר רעכטער און לינקער זייט, דער דרוק פון איהר רעכטער שטריקעל, אַ העלפט פון די 5 פונט געהערט צו דער באַלקע וואו זי איז צוגעבונדען, און איהר לינקע שטריקעל וואָס איז צוגעבונדען צום בלאָק פון דער ערשטער פּולי שלעפּט די פּולי נו־מער 1 מיט אַ קראַפט בלויז וואָס איז העלפט פון 5 פונט, דאָס הייסט 2 און אַ האַלב פונט. די פּולי נומער 1 וואָס ווערט געדריקט אַרונטער פון געוויכט W' בלויז מיט אַ קראַפט פון צוויי און אַ האַלב פונט, צוטהיילט דאָך ווייטער דעם דרוק אויף צוויי גלייכע העלפט און אויף דער לעצטער שטריקעל פון דער לינקער זייט איז דאָ אַ דרוק אַרונטער ניט מעהר ווי איין פונט מיט אַ פיערטייל און די האַנד, וואָס האַלט אויף די לעצטע שטריקעל לינקס, דאַרף זיך אָנשטרענגען מיט אַ קראַפט עטוואָס מעהר פון 1 און אַ פערטעל פונט און זי וועט מיט דיזער שוואַכער אָנשטרענגונג קראַפט בייקו־מען דעם געוויכט W פון 10 פונט און צווינגען איהם צו בעווע־גען זיך אַרויף צו. מיט 3 בעוועגליכע פּולים איז דער מעכאַ־נישער געווינס 2x2x2 אָדער 8, מיט אַ קראַפט פון אַ פונט קענען מיר הויבען מיט דער הילף פון די דריי פּולים אַ געוויכט פון 8 פונט, און פאַר יעדער נייער בעוועגליכער פּולי וועט די אָנשטרענגונג קראַפט אַלץ קלענער ווערען אויף אַ העלפט.

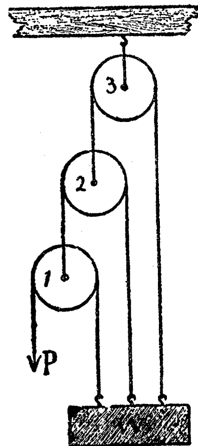
אין פיגור 9 וואָס ציינגט די קאָמבינאַציע פון 5 בעוועגליכע פּו־לים, וועט די אָנשטרענגונג קראַפט, וואָס האַלט אויף די לינקע שטרי־קעל פון דער לעצטער פּולי A זיין ניט מעהר ווי אַ צוויי־און־דריי־סיגטייל פון דעם געוויכט W איהר קענט דאָס אַליין לייכט בע־רעכענען: פון דריי פּולים ווערט די קראַפט איין אַכטעל; פון דער פיערטער פּולי ווערט די נויטיגע קראַפט אַ העלפט פון איין אַכטעל, דאָס הייסט איין זעכצענטייל, פון דער פינפטער ווערט זי אַ העלפט פון איין זעכצענטהייל אָדער אַ צוויי־דרייסיגסטייל פון דעם געוויכט

דאָס הייסט אַז אָן אָנשטרענגונג אַרויף צו פון איין פונט וועט

בייקומען א געוויכט פון 32 פונט, מיט צעהן אזעלכע פולים וואלט מען מיט דער קראפט פון איין פונט געקענט בייקומען א געוויכט פון טויזענד פונט; אויב 10 פולים מאכען די אנשטרענגונג קראפט א טויזענדטייל פון דעם ווידערשטאנד, דאן הייסט דאס אז נאך 10 פולים וועלען מאכען די אנשטרענגונג קראפט א טויזענדטייל פון א טויזענדטייל אדער איין מיליאנטייל פון דעם געוויכט, מיט אנדערע ווערטער מיט 20 בעוועגליכע פולים איינגעארדענט אויף דעם זעלבען אופן ווי די אנגעצייגטע פיגורען 8, און 9, וואלט א קראפט פון איין פונט געקענט אויפהייבען א געוויכט פון א מיליאן פונט. פון דעסטוועגען ווערט די קאמבינאציע פון פולים, ווי אויך די צווייטע וועלכע איך וועל באלד בעשרייבען, זעהר זעלטען גע־ברויכט אין דער פראקטיקע. פאר וואס זיי ווערען ווייניג געברויכט וועלען מיר זעהען שפעטער, ווען מיר בעטראכטען די ביידע סיס־טעמען צוזאמען.

די צווייטע קאמבינאציע אדער סיסטעמע פון בעוועגליכע פולים.

פיגור 10



א קאמבינאציע פון 3 איבערגעקעהרטע בעוועגליכע פולים

פיגור 10 שטעלט פאר די קאמבינאציע פון דער צווייטער סיסטעם, אויך זיינען דא די דריי פולים פון קלארקייט וועגען פאר־געשטעלט אהן זייערע בלאקס, ווי איהר זעהט, איז דאס א קאמבי־נאציע פון דער ערשטער סיסטעם, נאר אוועקגעשטעלט מיט'ן קאפ אראפ. אנשטאט צו דער אויבערשטער באלקע זיינען אלע דריי שטריקלעך פון די פולים צוגעבונדען יעדע בעזונדער צום געוויכט **W** און די לעצטע פולי נומער 3 איז איפגעהאנגען דורך איהר אקס אויף דער באלקע. דערפאר קומט אויס דער אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד צו ארבייטען נים אויף ארויף צו, נאר אויף ארונטער. דער מעכאנישער ווערטה פון דער קאמבינאציע איז אביסעל אנ־דערש פון דער ערשטער קאמבינאציע דורך דעם וואס יעדע פון די דריי פולים ארבייט בעזונדער אויף דעם געוויכט צו וועלכען זיי זיינען צוגעבונדען. לאמיר זאגען אז די קראפט **P** וואס ציהט ארונטער די שטריקעל פון פולי נומער 1, איז איין פונט, הייסט דאס אז די קראפט **P** ציהט אויך די אנדערע זייט שטריקעל פון פולי נומער 1 וואס איז צוגעבונדען צום געוויכט **W** אויך מיט א קראפט פון איין פונט אויף ארויף צו. צו דערזעלבער צייט אבער ציהט פולי 1 דורך דער שטריקעל וואס איז צוגעבונדען צו איהר אקס די פולי נומער 2 ארונטער מיט א דאבעלטער קראפט פון 2 פונט (ווי עס איז פריהער בעוויזען געווארען) און די שטריקעל פון פולי 2 וואס איז צוגעבונדען צום געוויכט **W** ציהט דעם געוויכט ארויף צו מיט א קראפט פון 2 פונט. די צווייטע פולי ציהט שוין די פולי נומער 3 ווייטער מיט א דאפעלטער קראפט, דאס הייסט מיט 4 פונט און די שטריקעל פון פולי 3 וואס איז צוגעבונדען צום געוויכט **W** שלעפט דעם געוויכט ארויף צו מיט א קראפט פון 4 פונט. אלזא אלע 3 שטריקלעך צוזאמען ציהען דעם געוויכט **W** מיט איין קראפט פון איין פונט און 2 פונט און 4 פונט 4×2×1 סך הכל 7 פונט.

דער מעכאנישער ווערטה פון די דריי בעוועגליכע פולים פון דער צווייטער סיסטעם איז נים 8 ווי אין דער ערשטער סיסטעם, נאר 7: מיט איינע ווייניגער ווי אין דער ערשטער סיסטעם, 4 בעוועגליכע פולים וואלטען געהאט אין דעם ערשטען סיסטעם א

מעכאַנישען ווערטה פון 16. אין דער צווייטער סיסטעם וועלען די 4 פּולים האָבען א מעכאַנישען ווערטה פון 15. א. ז. וו.

מען קען אָט דעם אונטערשייד, וואָס די צווייטע סיסטעם איז אימער מיט איינס וויינינגער פון דער ערשטער, ערקלעהרען אויף אַן איינפאַכערען וועג. דער אונטערשייד שטאַמט דערפון וואָס אין דער ערשטער סיסטעם האָט די האנד די גאַרבייט אויף אַרויף, און אין דער צווייטער סיסטעם ארבייט די האַנד אַרונטער. ווען מען זאָל בעטראַכטען דעם דרוק אויף דער באַלקע, וואָרים נאָך אַלעמען האַלט דאָך די באַלקע אויף אַי דעם געוויכט W אַי דעם וואָג פון די שטריק מיט די פּולים, וועלען מיר געפינען פאָלגענדעס, אין דער ערשטער סיסטעם האָט אַ קראַפט פון איין פונט ארבייטענדיג דורך 3 בעוועגליכע פּולים געקענט הויבען אַ געוויכט פון 8 פונט און אין דער צווייטער סיסטעם קען די קראַפט פון איין פונט הויבען נאָר 7 פונט. וואָס אַנבעלאַנגט דעם וואָג פון די שטריקלעך און די פּולים, נעמען מיר דאָס ניט אין אַנבעטראַכט ניט אין דער ערשטער און ניט אין דער צווייטער סיסטעם. לאָמיר זשע בעטראַכטען דעם דרוק אויף דער באַלקע איןביידע פאַלען. אין דעם ערשטען פאַל ווען דער געוויכט W איז געווען 8 פונט און די קראַפט פון האנד איז געווען נאָר איין פונט, האָט דער געוויכט W ציהענדיג אַרונטער מיט אַ קראַפט פון 8 פונט געדריקט אויף דער באַלקע מיט אַ קראַפט פון בלויז 7 פונט, ווייל דער פונט קראַפט פון דער האנד ארבייטענדיג אויף אַרויף צו האָט צוגענומען אויף זיך איין פונט דרוק פון דעם 8 פונטיגען געוויכט W. אין דער צווייטער סיסטעם, ווען די האַנדקראַפט ציהט אַרונטער די שטריקעל מיט אַ קראַפט פון איין פונט, נעהמט זי אויף זיך קיין טייל ניט פון דעם דרוק פון דעם געוויכט W שטעהט אוים די באַלקע אַליין דעם דרוק פון 7 פונט געוויכט ווי פריהער.

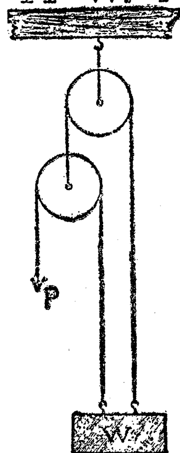
איך רייד דאַ בלויז פון דעם געוויכט W פון 8 פונט און די האנד קראַפט פון איין פונט, ווייל איך שטיץ זיך אַלץ אויף דעם בילד פון דריי בעוועגליכע פּולים, עס פערשטעהט זיך ווען די צאָהל פון די פּולים איז ניט דריי, וועלען די פערהעלטניסע צווישען דעם געוויכט W און די קראַפט P אויף זיין אַנדערע.

נאך דער בעטראכטונג פון דעם עניין וועגן דעם דרוק אויף דער באלקע קומט אויס, אז אין דער צווייטער סיסטעמע וואו די קראפט טהוט אויף עטוואס ווייניגער ווי אין דער ערשטער סיסטעם, איז דער דרוק אויף דער באלקע גרעסער ווי אין דער ערשטער סיס־טעם, ווען איין פונט קראפט שלעפט ארויף א מאסע פון 8 פונט, האט די באלקע נאר א דרוק פון 7 פונט, און דערזועלבער פונט קראפט מיט דער צווייטער סיסטעם פון פולים קען נאר הויבען א מאסע פון 7 פונט, האט די באלקע אויף זיך דעם גאנצען דרוק פון די 7 פונט און דערצו דעם דרוק פון נאך א פונט פון דער האנד קראפט, ווייל זי ציהט אויף ארונטער צו און ניט ארויפצו, דאס קען מען בעווייזען אין פאלען ווען די טהעטיגע קרעפטען זיינען פיעל גרעסערע ווי איין פונט, עס צייגט זיך ארויס, אז אין די פאלען מוז מען מיט דער צווייטער סיסטעם האבען פעסטערע באלקעס ווי מיט דער ערשטער סיסטעם, און דאך ווערט די צווייטע סיסטעם מעהר געברויכט אין פראקטיקע ווי די ערשטע. ערשטענס, איז בע־קוועמער צו ארבייטען מיט דער האנד ארונטערצו ווי ארויפצו, און צווייטענס אין דער ערשטער סיסטעם דארף מען שלעפען אלע פולים ארויפצו, און וואס גרעסער און שווערער די פולים אלץ שווערער וועט זיין פאר דער האנד צו שלעפען זיי ארויף, פערקעהרט, אין דער צווייטער סיסטעם וואס שווערער די פולים אלץ לייכטער וועט זיין צו ארבייטען אויף ארונטערצו , ווייל די שווערע פולים וועלען מיט־העלפען מיט זייער דרוק ארונטער אנשטאט צו שטערען די קראפט פון האנד, ווען זי דארף זיי שלעפען אין דער הויך.

אין דער פראקטיקע ווערען דיביידע סיסטעמען זעהר זעלטען געברויכט טראץ דעם וואס דער מעכאנישער געווינס איז אזוי גרויס. מילא, ווען מיר האבען פערבייגעהענדיג אויסגערעכענט, אז מיט דער הילף פון 20 בעוועגליכע פולים וואלט מען געקענט מיט א קראפט פון איין פונט האבען א מיליאן פונט געוויכט, איז דאך אב־גערעדט, אז אין דער פראקטיקע קען מען אזא זאך ניט דערווייזען, ווארום וואו וועט מען קריגען א באלקע וואס וועט קענען אויסהאל־טען א דרוק פון א מיליאן פונט, אפילו די קלענערע צאהלען ווי 3 און 4 פולים ווערען אויך ניט געברויכט. ערשטענס איז ניט בע־קוועם דאס וואס מען מיז ברויכען צופיעל שטריקלעך, אזוי פיעל

שטריקלעך ווי פיעל פולים. דער הויפט שטער אין דער פראקטיקע איז אבער דאס, וואס די פולים בעוועגען זיך נים מים דער זעלבער שנעלקייט. גאר די ערשטע פולי, וואס איז די נאהענסטע צו דער קראפט P בעוועגט זיך 2 מאהל אזוי שנעל ווי די צווייטע, און די צווייטע 2 מאהל שנעלער ווי די דריטע א. ז. וו. אויף די פיגורען שטעהען די פולים גאנץ פיין, אויף דער זעלביגער ווייטקייט איינע פון די אנדערע. לאזט אבער אזא מאשין ארבייטען, וועלען די פולים אזוי שנעל פאנאנדער לויפען איינע פון די אנדערע, און ספעציעל די ערשטע וואס בעוועגט זיך אם שנעלסטען וועט זיך אין א קורצע ווייל פערטראגען ווייט ווייט פון די אנדערע, און זי ווערט נוצלאז. די צווייטע סיסטעם ווערט אמאל יא געברויכט אין די פאלען וואו עס איז דא גענוג פלאץ צו בעוועגען זיך. ווען אייך איז א מאהל אויסגעקומען בייוואהנען ווי מען לאדעט אוים א קוילען־שיף, זייט איהר געוויס איבעראשט געווארען צו זעהען ווי מיט אמאהל דער־לאנגט זיך א לאז ארונטער א פולי, דאס ארבייט א קאמבינאציע פון פולים נאך דער צווייטער סיסטעם. אין גאנצען איז דא א קאמ־בינאציע פון 2 בעוועגליכע פולים. (פיג. 11) איהר ווייסט דאך

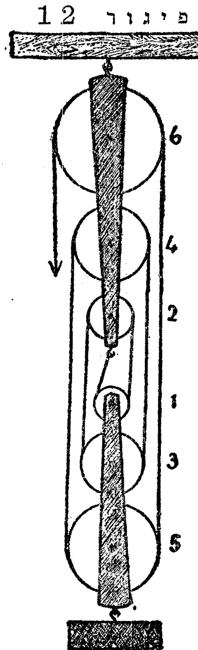
פיגור 11



צוויי פולים פון דער צווייטער סיסטעם

אז מיט אזא פּאָר בעווענליכע פּולים אין דער צווייטער סיסטעם איז דער מעכאַנישער געווינס 3, א פונט פון דער קראַפט P הויבט א געוויכט פון 3 פונט, דאָס איז כמעט די איינצעלנע קאָמבינאַציע פון די ערשטע סאָרטען וואָס ווערט געברויכט אין פּראַקטיקע. די קאָמבינאַציעס פון דעם דריטען סאָרט האָבען א פיעל קלענערען מעכאַנישען געווינס אָבער אין זיי ווערט אויסגעמיידט אַט די אַלע אַנגעצייגטע חסרונות פון די ערשטע סיסטעמען, און דער דריטער סאָרט ווערט כמעט איבעראַל געברויכט אין פּראַקטיקע.

די דריטע קאָמבינאַציע (פיג. 12)



א קאָמבינאַציע פון פּולים פון דעם דריטען סאָרט

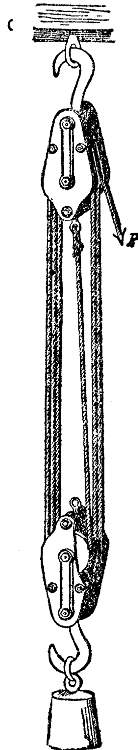
די פּולים זיינען דאָ, ווי איהר זעהט פון דעם פיגור, איינגע־

טיילט אין 2 סעטס, יעדער סעט בעשטעהט פון דער זעלבער צאָהל פּולים, אין דער פיגור בעשטעהט יעדער סעט פון דריי פּולים, יעדער סעט איז איינגעפּיקסט צוזאַמען אין איין בלאָק. דער אויבערשטער בלאָק ווערט אָנגעהאַנגען אויף דער באַלקע, דער געוויכט הייננט אויף דעם אונטעשטען בלאָק. אַנשטאַט פיעלע שטריקלעך, ווערט אין דער קאָמבינאַציע געברויכט נור איין שטריקעל. איין עק פון דער שטריקעל מוז מען א פריהער צו בינדען צו דעם אויבערשטען בלאָק, דאַן כאַפּט זי אַרום די קלענסטע פּולע פון דעם אונטערשטען בלאָק, געהט אַריבער אויף דער קלענסטער פּולי פון דעם אויבערשטען בלאָק, פון דעם קלענסטען אויבערשטען בלאָק צו דער מיטעלער פּולי פון אונטען, און אַזוי ווייטער, ווי איהר קענט דאָס דייטליך זעהען אין דער פיגור. דער צווייטער עק הייננט אַראָפּ לינקס פון דער גרעסטער פּולי פון דעם אויבערשטען בלאָק. אַזוי ווי דער גאַנצער אונטערשטער סעט פון די דריי פּולים איז איינגעפּיקסט אין איין בלאָק, מוז זיך דער גאַנצער סעט בעוועגען ווי איין שטיק און דאָ קען ניט געמאָלט זיין אַז די פּולים וואָס בעוועגען זיך מיט פערשיידענע שנעלקייט זאָלען זיך פאַנאַנדער פליהען, ווי אין די ערשטע צוויי סיסטעמען. עס וואָלט אָבער אַלץ געווען א צרה, אמת די פּולים קענען זיך ניט פערנאַנדערפליהען, אָבער דאָך בעוועגען זיי זיך אַלץ שנעלער וואָס נעהענטער צו דעם געוויכט און צו דער באַלקע, און אויב זיי אַליין קענען זיך ניט פאַנאַנדערגעהען, וואָלטען די שטריק זיך פאַנאַדערגעהען און וואָלטען זיך געפּלאָנטערט און געקרימט, אום דאָס צו פערמיידען איז דאָ דער קונציגער איינפאַל, וואָס די פּולים ווערען געמאַכט אַלץ גרעסער און גרעסער, אין דער זעלבער פּראָפּאָרציע ווי עס וואַקסט זייער שנעלקייט ביי'ן בעוועגען זיך. און דערפאַר זיינען זיי אין דער פיגור איינגעטיילט אין דריי פּאָר, איינע פון דעם אונטערשטען בלאָק מיט דער ענטשפּרעכענדער פּולי פון דעם אויבערשטען בלאָק, דערפאַר זיינען די נומערען אין דער פיגור געפּאָרט 1 מיט 2; 3 פון אונטען מיט 4 פון אויבען, 5 פון אונטען מיט 6 פון אויבען.

די פאָרמע פון פּולים האָבען נאָך אַלץ דעם פעהלער וואָס אויף לייננערע שטרעקען קען מען זיי ניט ברויכען, זי קען אויפהייבען דעם געוויכט אויף א גאַנץ קליינע שטרעקע, אַז מען זאָל אפילו ברוי־

כען א לייגנערע שטריק ווי אין דעם פיגור, וואו דער אונטערשטער בלאָק איז צו נאָהענט צו דעם אויבערשטען, וועט אלץ די גרויסע ליינג פון דעם אויבערשטען בלאָק ניט דערלאָזען דעם געוויכט צו קומען נאָהענט צו דער באלקע, דערפאר ווערט אין דער פראַק־טיקע געברויכט אנאנדער פאָרמע פון דער זעלבער סיסטעם. די פולים ווערען איינגעפיקסט אין בלאָק ניט אין דער ליינג, איינע אונ־טער די אנדערע, נאָר זייט ביי זייט און דער בלאָק איז ניט א לאַנ־גער, נאָר א **דיקער**. (פיג. 13) ציינט דעם אויסערליכען אויסזעהן פון

פיגור 13



דער אויסערליכער אויסזעהן פון פולים א . פראקטישען געברויך

דער פארמע וועלכע ווערט אם מייסטען געברויכט אין פראקטיקע אין אלע אנדערע איינצעלהייטען בלייבט דיפארמע די זעלביגע ווי די ערשטע פארמע: די פערשידענע גרויס פון די פולים, די אייצעלנע שטריקלעך ווערען צוגעבונדען אויף דעם זעלבען אופן, אויך דאס פארען די פולים אין קאפעלס, א. ז. וו.

וואס אנבעלאנגט דעם מעכאנישען געווינס פון דער פראקטי־שער סיסטעם איז ער פיעל קלענער ווי אין די ערשטע צוויי סיסטעמען, ווארום א העלפט פון די פולים זיינען דאך איינגעפיקסטע, און פון די 6 פולים זיינען נאר דריי בעוועגליכע אין דעם אונטערשטען בלאק. דעם געווינס אבער קען מען גאנץ לייכט אויסגעפינען, קוקט זיך צו צו פיגור 12 און איהר וועט קלאהר זעהען אז דער געוויכט איינגענטליך ווערט אויפגעהאלטען פון 6 שטריקלעך, דאס הייסט פון דער איין שטריק ווערט 6 טיילען וועלכע זיינען גלייך אנגעצויגען פון דעם געוויכט, דריי רעכטס, און דריי לינקס, ווען דער געוויכט ווערט ארויפגעצויגען איין פוס, ווערט יעדער טייל פון די 6 שטריקלעך פארקירצט אויף איין פוס, און דער פרייער עק פון דער שטריק, וואו עס ארבייט די אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד, מוז זיך ארונטערלאזען אויף גאנצע 6 פוס. אזוי ווי די האנד קראפט בעוועגט זיך אין דער סיסטעם 6 מאהל שנעלער פון דער געוויכט, ציינט דאס נאך דעם אלגעמיינעם געזעץ וואס מיר האבען דערמאנט, אז די קראפט גע'כפל'ט אויף איהר געשווינדקייט, מוז זיין גלייך צו דעם געוויכט גע'כפל'ט אויף זיין געשווינדקייט, אז די האנד־קראפט מוז זיין 6 מאהל קלענער פון דעם געוויכט און ווען מען כפל'ט איהר אויף איהר געשווינדקייט וואס איז 6 מאהל גרעסער ווי די געשווינדקייט פון דעם געוויכט, וועט דאס אויסקומען גלייך מיט דעם כפל'ען פון דעם געוויכט, אויף זיין געשווינדקייט. אויב דער געוויכט איז 6 פונט און ער הויבט זיך אויף אויף איין פוס, דארף די קראפט פון דער האנד זיין ניט מעהר ווי איין פונט און זי בעוועגט זיך צו דערזעלבער צייט אויף 6 פוס ארונטער. אנשטאט די צאהל שטריקלעך קען מען זאגען אז די צאהל פון אלע פולים ציינט דעם מעכאנישען געווינס פון דער סיסטעם. אין דער פיג. 12 זיינען דא אין גאנצען 6 פולים און דער געווינס איז 6. זאל מען האבען 8 פולים, 4 איינגעפיקסטע און4 בעוועג־

ליכע, איינגעארדענט נאך דער לעצטער סיסטעם נאך, וועט דער געווינס זיין 8, מיט אנדערע ווערטער פאר יעדער בעוועגליכע פולי איז דא א געווינס פון 2, 3 בעוועגליכע פולים אין דער לעצטער סיסטעם מאכען א געווינס פון 6, 4 בעוועגליכע פולים א געווינס פון 8 א. ז. וו.

נאך דעם ווי מיר זיינען אביסעל בעקאנט געווארען מיט איינער פון די איינפאכע מאשינען, די פולי, וועט אונז לייכטער זיין צו בעגרייפען די בעאבאכטונגען וועגען מאשינען אין אלגעמיין, און די מעכאנישע געזעצען וואס וועלען העלפען אונז צו פערשטעהען די בעדייטונג פון אלע אנדערע איינפאכע מאשינען.

זעקסטער קאפיטעל

מאשינען.

מאשינען זיינען אזעלכע מעכאניזמען, וואס גיבען אונז די מעג־ליכקייט, אז א וועלכע עס איז קראפט זאל אנגעווענדעט ווערען אין איין פונקט אדער פלאץ און אויפטהאן זיין ארבייט אין אנאנדער פונקט, און צו דערזעלבער צייט דורך די זעלבע מעכאניזמען קען די אנגעווענדעטע קראפט האבען גאנץ פערשיידענע ריכטונגען, און די ארבייט אויף דעם אנדער פונקט זאל אבגעטהאן ווערען אין אנאנ־דער ריכטונג, דורך א מאשין קען אויך די קראפט זיין פיעל קלענער אין מאס, ווי די קראפט וואס זי דארף בייקומען אויף דעם אנדער פונקט.

די בעוועגונג קראפט פון די ווינטען ווערט אנגעווענדעט אויף די פליגלען פון דעם ווינט־מיל, און די קראפט דורך די מעכאניזמען פון דעם ווינט מיל טהוט די ארבייט אין גאר אן אנדער פלאץ, זי בעוועגט גאר די מיל־שטיינער איינע איבער די אנדערע, די ריכטונגען פון דער טרייבענדער קראפט פון ווינט זיינען דאך גאנץ אנדערע ווי די ריכטונג פון דער בעוועגונג פון די מיל־שטיינער. דאס וואסער פון א וואסער־מיל פאלט מיט א געוויסער קראפט ארונטער אויפ׳ן ראד פון דעם וואסער־מיל און טהוט די ארבייט פון צומאלען אנ־דערשוואו, אויך איז די ריכטונג פון דער וואסערקראפט א גאנץ אנ־דערע, ווי די ריכטונג פון די רעדער וואס טהוען די ארבייט, מיר האבען געזעהען ווי דורך די פערשיידענע קאמבינאציעס פון פולים קען אן אונבעדייטענדע קראפט הויבען א געוויכט ניט לערך גרעסער פון איהר. דאך איז די מאשין אין אלע פאלען ניט מעהר ווי א מיטעל איבערצוגעבען די מעכאנישע ענערגיע פון איין פלאץ צו דעם אנדערען; אין קיין פאל קען די מאשין ניט בעשאפען נייע ענערגיע אפילו דאן, ווען א קליינע קראפט קען בייקומען מיט דער הילף פון דער מאשין ווי למשל מיט דער הילף פון די פולים א פיעל

גרעסערע קראפט, הייסט דאס ווייט ניט, אז די פּולים האבען בע־שאפען נייע קראפט.

מיר האבען פריהער אין די קאפּיטלען איבער פּולים אגב אורחה בעמערקט, אז די ארבייט פון דער קלענערער האנד־קראפט איז פּונקט די זעלבע ווי די ארבייט פון דעם גרעסערען געוויכט, אז מען זאל נעהמען אין אנבעטראכט די רייבונגען צווישען די שטריקלעך און די רעדלעך, און צווישען די פּולים און זייערע אקסען, וועט אויס־קומען אז די ארבייט פון דער קלענערער קראפט איז נאך גרעסער ווי די ארבייט פון דעם גרעסערען געוויכט. מיר האבען דורך די פּולים בעוויזען, אז די קלענערע קראפט בעוועגט זיך דערפאר פיעל גרעסערע שטרעקען ווי דער גרעסערער געוויכט.

דער ווארט ארבייט ווערט געברויכט אין מעכאניקע אין א בע־שטימטען זין, עטוואס אנדערש פון דעם ווי ער ווערט געברויכט אין אונזער געוויינליכער שפּראכע. וואס מיר זאלען ניט טהאן, זאלאנג מיר ווערען אין א קורצערער אדער א לענגערער צייט מיד, רופען מיר דאס אן מיט'ן נאמען ארבייט. א לעהרער ארבייט, א זינגער אין דער אפּערא ארבייט, זיצען ביי דער קאסע איז אן ארבייט, לעזען א בוך, האלטען רעדעס, האדוועען א קינד, טענדען א קראנקען — אלעס הייסט ארבייט. ארבייט און מעכאניקע הייסט בלויז דאן ווען די קראפט, ווירקענדיג אויף א געוויסען קערפּער, האט געבראכט צו דעם רעזולטאט, אז דער קערפּער בעוועגט זיך אין א בעשטימ־טער ריכטונג נאך דער ריכטונג פון דער קראפט. דער מעכאנישער בעגריף פון ארבייט האט אין זיך צוויי הויפּט עלעמענטען 1.) די אקטיווע קראפט וואס זוכט צו בייקומען א ווידערשטאנד, א שטער צו בעוועגונג. 2) די אקטיווע קראפט מוז בייקומען דעם ווידער־שטאנד, און דער רעזולטאט מוז זיין א בעוועגונג פון דער זאך אין א גלייכער ליניע, נאך דער ריכטונג פון דער אקטיווער קראפט. אויב פון דער ווירקונג פון דער קראפט קומט ניט ארויס קיין בעוועגונג זאגען מיר אין מעכאניקע אז קיין ארבייט איז ניט געטהאן געווא־רען. די סטאלבעם וואס שפּארען אונטער א שווערע געביידע, טהוען קיינע ארבייט אין דעם מעכאנישען זין. א מענש וואס שטרענגט זיך אן אויפצוהייבען א שטיין פון טויזענדער פונטען און ריהרט

איהם ניט פון אָרט טהוט קיין ארבייט, ווי אַבגעמאַטערט ער זאָל ניט ווערען פון דער אַנשטרענגונג. ווען א מענש הויבט אויף א שטיין פון דער ערד, אָדער ווען ער קלעטערט ארויף בארג, דאָס הייסט ער האָט זיך אליין, זיין אייגענעם געוויכט, אויפגעהויבען אין דער הויך, האָט ער אָבגעטהאָן א שטיק ארבייט, ער האָט בייגע־קומען דעם ווידערשטאַנד, וואָס דער געוויכט פון דעם שטיין אָדער דער געוויכט פון זיין אייגענעם קערפּער צייגט ארוים גענען די בע־וועגונג, און האָט זיי געמאַכט זיי זאָלען זיך בעוועגען אין א בע־שטימטער ריכטונג. ווען א פערד שלעפּט א וואַגען איבער א גלייכען וועג, האָט ער אָבגעטהאָן אן אַרבייט, ער האָט בייגעקומען די רייבונג צווישען דעם וואַגען און דער פלאַכע פון דער ערד וואָס שטערט די בעוועגונג, און האָט געמאַכט דעם וואַגען צו בעוועגען זיך אין א געוויסער ריכטונג.*

דער שטודיאום פון די פּולים האָט אונז בעוויזען אַז אין אַלע פאַלען, וואו די דאָזיגע איינפאכע מאַשינען ווערען געברויכט, איז די ארבייט פון דער אקטיווער קראפט אימער גלייך צו דער אַר־בייט פון דעם געוויכט אָדער דעם ווידערשטאַנד וואָס די אַקטיווע קראפט זוכט צו בייקומען, וואו די רייבונג איז אונבעדייטענד, אז מען קען דאָס ארויסלאָזען פון רעכענונג.

עהנליכע עקספּערימענטען מיט אַלע סאָרטען מאַשינען האָבען בעוויזען אז איבעראל, וואו די רייבונג איז אונבעדייטענד, האלט

*) ווי אַזוי ארבייט ווערט געמאָסטען, איז שוין גערעדט געוואָרען אין דעם קאַפּיטעל וועגען פּולים. דער מאָס פון ארבייט איז דער כפל פון דעם גרויס פון דער קראפט אויף די שטרעקע וואָס זי בעוועגט זיך. א קראפט פון 100 פונט וואָס האָט זיך בעוועגט 100 פוס איז 100 מאָל 100 אָדער, מיר זאָגען, זי האָט אָבגעטהון אן אַרבייט פון צעהן טויזענד פוס־פונט. אין מעסטען דאמפף־מאַשינען ווערט אָפט געברויכט דער אויסדרוק אַזוי פיעל און אַזוי פיעל פערד־קראַפט. א פערד־קראַפט איז א קראפט וואָס טהוט אָב 550 פוס־פונט אין אַ סעקונדע אָדער 33000 אין א מינוט. דאָס אי אויסגעפונען געוואָרען פון א גרויסע צאָהל פּראָבען מיט די בעסטע פערד אין ענגלאַנד.

אוים דער אלגעמיינער געזעץ; אדער דער אלגעמיינער פרינציפּ פון ארבייט דורך מאשינען, אין אלע סארטען פון מעכאניזמען איז די ארבייט פון דער קראפט אדער קראפטען וואס טרייבען די מעכאניזמען גלייך צו דער ארבייט וואס ווערט אבגעטאן דורך די מאשינען.

דעם פּרינציפּ פון ארבייט האט ניוטאן אויסגעפונען און פארעפענטליכט אין דעם יאהר 1687, אלס א לאגישען שלוס פון זיין דריטען געזעץ פון בעוועגונג אין אלגעמיין. דעם פּרינציפּ קען מען רעכענען פאר דעם וויכטיגסטען אין דער געשיכטע פון פיזיקע, און ספּעציאל אין דער לעהרע וועגען מאשינען קענען מיר מיט דער הילף פון דעם פּרינציפּ פערשטעהן די בעדייטונג און פאראויסזעהן די ווירקונג פון יעדער מאשין. אזוי ווי דער כפל פון דער אקטיווער קראפט אויף די צאהל פוס וואס זי בעוועגט זיך מוז זיין גלייך צו דעם כפל פון דער ווידערשטאנד קראפט אויף די צאהל פוס וואס זי בעוועגט זיך, קומט אוים, אז ווען די טרייבענדע קראפט איז קלענער למשל פינף מאהל, ווי די קראפט פון דעם ווידערשטאנד, מוז זי זיך בעוועגען מיט א שנעלקייט 5 מאהל גרעסער ווי דער ווידערשטאנד אום דער כפל זאל אויסקומען גלייך, און פערקעהרט ווען די אקטיווע קראפט זאל זיין 5 מאל גרעסער, וועט זי זיך מוזען בעוועגען מיט א שנעלקייט 5 מאהל קלענער פון דעם ווידערשטאנד. פון דערפון קען מען זעהען אז מאשינען ווערען געברויכט אין 3 פאלען 1.) ווען מען וויל דורך א קליינע קראפט אויפהויבען א גרויסען געוויכט אדער בייקומען אנאנדער גרויסען ווידערשטאנד. אין דעם פאל זאגען מיר, אז די מאשין גיט אונז א מעכאנישען געווינס. אזוי ווי אין דעם פאל מוז די אקטיווע קראפט בעוועגען זיך מיט א גרעסערער שנעלקייט, דריקט מען אוים דעם מעכאנישען ווערטה פון דער מאשין אזוי: אויף וויפיעל די מאשין געווינט אין קראפט, אויף אזוי פיעל פערליערט זי אין שנעלקייט. 2.) ווען מען וויל אז די ארבייט זאל געטהאן ווערען מיט א גרעסערער שנעלקייט, דאן מוז די אקטיווע קראפט זיין אזוי פיעל מאהל גרעסער ווי דער ווידערשטאנד. די מאשינען ווערען אנגערופען מאשינען מיט א מעכאנישען פערלוסט, אדער נאך דעם צווייטען אויסדרוק די מאשין געווינט אזוי פיעל מאהל אין שנעלקייט וויפיעל מאהל זי פערלירט אין קראפט. 3.)

ווען מיר ווילען בלויז אז די אקטיוועע קראפט זאל ארבייטען אין איין ריכטונג, און די ארבייט זאל אויפגעטהאן ווערען אין אנאנדער ריכטונג, דאן איז די קראפט פון דערזעלבער גרויס ווי דער ווידערשטאנד און די מאשין העלפט נאר צו בעקומען די געוואונשטע ריכטונג.

מיט דעם פרינציפ וועט אונז לייכטער זיין צו פערשטעהן די איבעריגע איינפאכע מאשינען.

די איינפאכע מאשינען זיינען 1) די ליווערס. 2) דער ראד און אקסעל. 3) געקארבטע רעדלעך. 4) די פולי. 5) די איינגעבויגענע פלאכע. 6) דער קלין. 7) דער שרויף. די ערשטע דריי שטאמען אלע פון די ליווערס, די לעצטע דריי שטאמען אלע פון דער איינגע־בויגענער פלאכע. און די פולים איז א קלאס פאר זיך. דא האבען מען מעהר צו טהאן מיט דעם פאקט, וואס די קראפט ווערט איבער־געגעבען דורך שטריקלעך, און איז געגרינדעט אויף דעם, וואס די שטריקעל ווערט אנגעצויגען דורך א קראפט אין אלע איהרע פונק־טען גלייך. די פולי האבען מיר שוין בעטראכט. פאר די איבעריגע 6 איינפאכע מאשינען וועט זיין נויטיג צו אבשטעלען זיך אביסעל לייגגער נאר אויף די ליווערס און אויף די איינגעבויגענע פלאכע, ווייל די אנדערע 4 שטאמען פון די 2.

זיעבטער קאפיטעל

ליווערס

א ליווער אין דער איינפאכסטע פארמע איז ניט מעהר, ווי א הארטער שטעקען וואס קען זיך ניט בויגען. צו קייקלען א שווערע קלאץ האט דער מענש געברויכט הארטע לאנגע און פערשפיצטע שטעקענס מיט טויזענדער יאהרען צוריק, ניט האבענדיג קיין שטיקעל בעגריף ווי אזוי אט די איינפאכע מאשין, דער שטעקען אדער דער ליווער העלפט איהם דאס צו טהאן. פון ערפאהרונג האט ער דאס אויסגעפונען. א קלאץ וואס ער האט מיט זיינע אונבעוואפענטע כחות בשום אופן ניט געקענט ריהרען פון ארט, איז איהם פערהעלטנים מעסיג לייכט געווען צו קייקלען, ווען ער רוקט אונטער דעם שטעקען אונטער דער קלאץ, גראבט איין דעם שפיץ אין דער ערד און לייגט צו זיין קראפט אויפצוהייבען דעם אנדער עק פון דעם לאנגען שטעקען, ווען די קלאץ האט זיך אביסעל אבגעקייקעלט, מאכט ער דעמזעלבען קונץ מיט זיין איינפאכע מאשין, דעם שטעקען אדער ליווער, און קייקעלט זי אפ נאך ווייטער.

דארווין ברייננט ביישפיעלע פון חיות, וואס ברויכען מאנכעמאהל געצייג, אין דעם דריטען קאפיטעל פון זיין בוך „די אבשטאמונג פון דעם מענשען“, זייטע 115 דערצעהלט דארווין, „איינע א מאלפע האט מען אויסגעלערענט צו עפענען די דעקע פון א גרויסען קאסטען מיט א שטעקען און נאכדעם פלעגט זי אפט ברויכען א שטעקען ווי א ליווער צו בעוועגען שווערע זאכען. איך האב אליין געזעהן, ווי א יונגער אראנג (א מין מאלפע) האט אריינגעשפארט א שטעקען אין א שפאלט , האט זיך גענומען פאר דעם אנדערען עק פון’ם שטעקען און האט ריכטיג געארבייט מיט דעם שטעקען ווי מיט א ליווער“ עס איז גאנץ וואהרשיינליך אז א ליווער און א שטריק געהערען צו גאר די עלטסטע מעכאנישע ערפינדונגען פון מענשען. אין א פעריאדע געווים ניט ווייניגער פון 12 ביז 15. טויזענד יאהר האט דער מענש דורך זיינע איינפאכע אינסטיקטיווע בעקאנטשאפט

מיט די נאטור קרעפטען און נאטור פּראָצעסען אַנגעקליבען א גרויסע סומע פון וויסען, ווי צו פערלייכטערען זיין ארבייט מיט פערשיידענע געצייג, און בעזאָנדערס די געצייג צו שניידען און מאָלען. עס האָבען זיך ענטוויקעלט פאַך־לייטע, מעכאַניקער, שמי־דען, א. ז. וו. פיליכט ניט ווענינער ווי 8 ביז 10 טויזענד יאָהר צוריק. האָמער, דער אַלטער, בלינדער פאָלקס דיכטער פון גריכענ־לאַנד, בעשרייבט אין זיין בוך „איליאדא“ א פּאָרטרעפליכען שאָפּ פון דעם געטליכען שמיד, ווי ער ארבייט פלייסיג מיט 20 בלאָז־זאַ־קען, ווי ער רעגולירט זיי נאָך דער פּאָדערונג פון דער ארבייט, ווי ער לייגט אין פייער בראָנזע און צין, און די טייערע מעטאַלען גאָלד און זילבער, ווי ער שטעהט מיט די צוואַנגען אין האַנד, און ארבייט מיט'ן שווערען האַמער אויף דער קאָוואַדלע, א. ז. וו. דאָס איז 3000 יאָהר צוריק. צו איבערגעבען די אַנגעקליבענע ערפאַהרונגען פון די פאַכלייטע און צו לערנען די יונגע דורות זייער קונסט אין פערפיינערען די ארבייט אפּאראַטען, האָבען זיי געמוזט צוזאַמענ־קלייבען די ערפאַהרונגען אין א סיסטעמאַטישען וועג, און פאָרמו־לירען און פעסטשטעלען רעגעלען פון זייער קונסט ארבייט. דאָס איז נאָך אַלץ גאַנץ ווייט פון מעכאַנישע וויסענשאַפטליכע טהעאָ־ריען, די ענטוויקלונג פון דער וויסענשאַפט איז געווען א זעהר לאַנג־זאַמער פּראָצעס, אַלס וויסענשאַפט האָט זי זיך אַנגעפאַנגען ביי די אַלטע גריכען. קיין שנעלע ענטוויקלונג פון מעכאַניקע האָט ניט געקאָנט זיין אפילו אין גריכענלאַנד, ווייל זי איז אויך געווען, ווי אַלע אַלטע ציוויליזאַציאָנען פון דער אַלטערטום, א שקלאַפען ציווי־ליזאַציאָן. אין די גלענצענדע צייטען פון איהר געשיכטע האָבען זיך אין אַפּיני, דער הויפּטשטאָדט פון גריכישער ציוויליזאַציאָן, געפונען 20 שקלאַפען אויף יעדען פרייען בירגער, אַלע קלאַסען וואָל־טען אין גריכענלאַנד מיט שרעק בעגעגענט דעם געדאַנקען פון אַנ־ווענדען אַנשטאָט שקלאַפען — נאַטור־קראַפט און מאַשינען, זיי וואָלטען אין דעם דערזעהען אַן אַנפאַנג פון א סאָציאַלע רעוואָלוציאָן. ערפינדער האָבען ניט געקענט ערוואַרטען קיינע בעלאָהנונגען פאַר זייערע ערפינדונגען.

ארכימעדעז, רעכענט מען געוועהנליך אַלס דעם ערשטען גרינ־דער פון א וויסענשאַפטליכער מעכאַניקע, ער האָט דער ערשטער

מעאַרעטיש בעגרינדעט דעם געזעץ פון ליוועדס, וועגען איהם ווערט דערצעהלט אין געשיכטע, אַז ער האָט זיך מיט התפּעלות אויסגע־דריקט „גיט מיר אַ שפּאַרונג פּונקט פאַר מיין ליוועך, און איך וועל אויפהייבען די גאַנצע וועלט, די ערד מיט אַלעמען". זיין געזעץ פון ליוועדס איז מאַקע אַ ריכטיגער, אָבער זיין בעגרינדונג האָט גאָר ניט צו טהאָן מיט דער וויסענשאַפט פון מעכאַניקע ווי מיר פער־שטעהען דאָס היינט, די וויסענשאַפט פון בעוועגונג, וואָס האָט זיך אָנגעפאַנגען מיט אַן ערך פון 300 יאָהר צוריק און האָט זיך שנעל ענטוויקעלט פון ניוטאָן'ען ביז היינט. אַרכימעד איז געווען דער גרעסטער מאַטהעמאַטהיקער פון אַלטערטהום. אַ זון פון אַ גריכישען אַסטראָנאָם, האָט געקראָגען אַ טיכטיגע בילדונג נאָך יענע צייטען נאָך אין די שולען פון אַלעקסאַנדריע, און האָט פערבראַכט זיין לעבען אין דער שטאָדט סיראַקוזי אין סיציליען אין שטודירען מאַ־טעמאַטיקע און מעכאַניקע, און 75 יאָהר אַלט איז ער געפאַלען פון דער האַנד פון אַ רוימישען סאָלדאַט. די געשיכטע וואָס דער־צעהלט אַזוי פיעל אַנעקדאָטען וועגען דעם מערקווירדיגען געניע, דערצעהלט אַזא אַנעקדאָט וועגען זיין טוידט. דער רוימישער גע־נעראַל נאָך דעם ווי ער האָט איינגענומען די שטאָדט סיראַקוזי, וועלכע אַרכימעד האָט מאַנאַטען לאַנג פערטיידיגט מיט זיינע קונ־ציגע מאַשינען, האָט אַרויסגעגעבען אַ בעפעהל זיינע סאָלדאַטען, זיי מעגען אויסשלאַכטען אַלע איינוואָהנער אויסער אַרכימעדען; ווען אַ רוימישער סאָלדאַט איז אַריינגעקומען צו אַרכימעד'ען, האָט ער איהם געפונען בעשעפטיגט מיט מאַכען רעדעלעך אין זאַמד, און אויף דעם סאָלהאַט'ס פראַגע וועגען זיין נאָמען האָט איהם אַרכימעד געענטפערט „ריהר ניט אָן מיינע רעדלעך" און דער סאָלדאַט האָט איהם גלייך גע'הרג'עט, דאָס האָט פּאַסירט אין דעם יאָהר 212 פאַר דער קריסטליכער צייט רעכענונג דאָס איז איבער 2100 יאָהר צוריק.

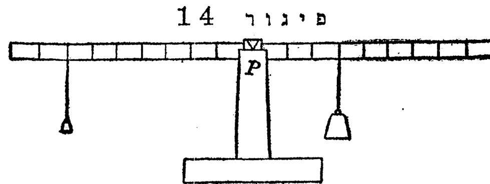
פון די 10 פערבליבענע ביכער זיינען איינינע אין דעם אָריגי־נאַל אין גריכיש, אַנדערע אין לאַטיינישע און אַראַבישע איבערזעצ־צונגען. אַנדערע רעכענען אַז 9 אָדער 10 ווערקע זיינען פערלאָרען געגאַנגען.

פון די פערלארענע ביכער רעכענט מען 4 ביכער וואס האבען געהאט א שיכות מיט מעכאניקע (1) א בוך וועגען וואגשאלען און ליוועדס, א בוך וועגען דעם געוויכט־צענטער, א בוך וועגען א שרויף וואס טראגט ביז יעצט זיין נאמען „ארכימעדע'ס ענדלאזער שרויף" און וועגען רעדער מיט אקסלען.

פערבליבען זיינען דא 2 בענדער, וועלכע בילדען דעם פונדאמענט פון זיינע מעכאנישע טעאריען. קיינע מעכאנישע געזעצען פון בעוועגונג געפינט איהר ביי איהם ניט, קיינע בעגריפען וועגען ארבייט, קראפט, ענערגיע, אינערציע, מאסע, געשווינדקייט פון בעוועגונג זיינען דא ניטא. דעם ליוועד בעטראכט ער ניט אלס א מאשין, ער האט אויסגעפונען ריכטיג דעם געזעץ ווי אזוי עס באלאנסירען פערשידענע געוויכטען וועלכע היינגען אויף א ליוועד, זיינע בעווייזע זיינען ריין געאמעטרישע, די באלאנסירונג זעלבסט פון געוויכטען אויפ'ן ליוועד בעהאנדעלט ער ניט אלס א פראגע פון ארבייט, נאר אלס א פראגע וואו עס געפינט זיך דער צענטער אדער דער שווערפונקט פון די באלאנסירענדע זאכען. פאר די וואס זיינען בעקאנט מיט געאמעטריע וואלט געווען אינטערעסאנט צו ברייננגען זיינע אריגינעלע בעווייזע פון דעם געזעץ פון ליוועדס. ער רעדט גאר אייגענטליך ניט וועגען ליוועד זעלבסט. אין היינטיגע ביכער פון פיזיקע, אין די קאפיטלען ווי אויסצוגעפינען דעם געוויכט־צענטער פון פערשיידענע זאכען, ווערען געברויכט זיינע מעטאדען און זיינע ערקלערונגען. אבער וועגען ליוועדס און אנדערע מאשינען קענען מיר פון זיינע ארבייטען ניט מאכען קיין געברויך, ווארים אייגענטליך איז ער גאר ניט דער גרינדער, אפילו ניט דער אנפאנגער פון מעכאניקע, וועלכע וויסענשאפט, ווי פריהער אנגעצייגט, איז די וויסענשאפט פון בעוועגונג, און וועגען די געזעצען פון בעוועגונג, געפינען מיר ביי איהם אפילו די ערשטע שפורען אויך ניט.

עס וואלט דאך געווען אן אנרעכט צו ריידען וועגען ליוועדס און ניט אבשטעלען זיך אויף ארכימעדען. יעצט קענען מיר אריבערגעהען צו בעטראכטען די ליוועדס, ווי מעכאניקע ערקלערט זיי היינט.

פיגור 14



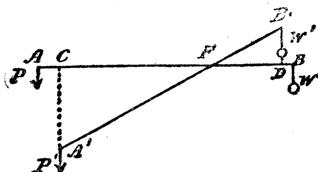
דער איינפאכער ליווער

א ליווער (פיג. 14) איז א הארטער און בויגזאמער שטאנג, וועלכער קען זיך פריי בעוועגען ארום א וועלכען עס איז פונקט P דער פונקט P הייסט דער אנשפארונג־פונקט. דער שטאנג איז איינגעטיילט אין גלייכע טיילען, ווי איהר זעהט פון די ליניעס אין דער פיגור. לאמיר זאגען ער איז איין פוס און א האלב לאנג און איז איינגעטיילט פינקטליך אין 18 אינטשעס. עס איז בעזארגט אז די רייבונג צווישען דעם שטאנג און דעם אנשפארונג פונקט P זאל זיין קליין ווי מעגליך. מיר נעהמען אויך ניט אין אנבעטראכט דעם געוויכט פון דער שטאנג זעלבסט. יעצט הייגגט אויף אויף א פאדים 3 פונט 2 אינטשעס רעכטס פון דעם אנשפארונג פונקט. זוכט אויס א פונקט לינקס, וואו איהר קענט אויפהענגען איין פונט, און דער שטאנג זאל בלייבען רוהיג, דאס הייסט געפינט א פונקט לינקס וואו איין פונט זאל אויפהאלטען די 3 פונט רעכטס, וועט איהר אויסגעפינען אז דער פונקט מוז זיין פינקטליך 6 אינטשעס לינקס פון דעם אנשפארונג פונקט. כפל'ט די 3 פונט אויף איהר שטרעקע פון דעם אנשפארונג פונקט, קריגט איהר די צאהל 2 מאל 3 — 6; כפל'ט דאס זעלבע דעם איין פונט לינקס אויף זיין שטרעקע בעקומט איהר אויך פינקטליך 1 מאל 6 — 6; פרובירט אנשטאט איין פונט אויפהייגגען 2 פונט לינקס, וועט איהר אויס־געפינען, אז די שטרעקע יעצט פון דעם אנשפארונג פונקט לינקס איז גראדע 3 אינטשעס; ווייטער צייגט זיך ארויס אז דער כפל פון די 2 פונט אויף 3 איז 6; נעהמט אנדערטהאלבען פונט, וועט דער פונקט לינקס זיין 4 אינטשעס פון דעם אנשפארונג פונקט. און דער כפל פון די אנדערטהאלבען פונט אויף 4 איז ווייטער 6. ווי־פיעל עקספערימענטען איהר זאלט ניט מאכען, וועלכע געוויכטען

איהר זאלט ניט נעהמען און אויפהייגנען זיי אויף די פערשיידענס־מע פונקטען פון דעם ליוועד רעכטס און לינקס פון פונקט **P** וועט איהר אויסגעפינען, אז דער כפל פון דעם געוויכטס רעכטס אויף זיין וויטקייט פון דעם פונקט **P** איז גלייך צו דעם כפל פון דער אק־טיווער קראפט לינקס אויף איהר וויטקייט פון'ם פונקט **P**. די וויטקייטען פון דעם אנשפארונג־פונקט רופט מען די ארעמס פון דעם ליוועד, און דער כפל פון דער קראפט אויף זיין ארעם, רופט זיך דער מאָמענט פון דער קראפט.

קורץ אויסגעדריקט וועט דער געזעץ פון ליוועד לויטען אזוי „דער מאָמענט פון דעם געוויכט מוז זיין גלייך צו דעם מאָמענט פון דער אקטיווער קראפט". דאָס איז ווען די צוויי קראפטען באלאנ־סירען איינע די אנדערע און דער ליוועד בעוועגט זיך ניט. ווען מען זאָל צולעגען דעם מינדעסטען געוויכט לינקס צו דער אקטיווער קראפט וועט זיך דער ליוועד אנהויבען צו בעוועגען, דער לינקער ארעם מיט זיין געוויכט וועט זיך ארונטערלאָזען, און דער געוויכט רעכטס מיט'ן רעכטען ליוועד־ארעם וועט זיך אויפהויבען. (פיגור

פיגור 15



15) דער ליוועד **AB** געפינט זיך יעצט אין **A, B,** די אק־טיווע קראפט **P** געפינט זיך יעצט אין **A'** און דער געוויכט **W** געפינט זיך אין **B** די קראפט **P'** האָט דעם לייגגערען ארעם פון דער ליוועד, וועלכער האָט דעם אנשפארונג פונקט אין **F** און דער געוויכט **W** האָט דעם קלענערען ארעם. יעצט ווען דער ליוועד בעוועגט זיך ארבייטען ביידע קראפטען, קוקט זיך צו צו די שטרעקען וואָס די קראפטען האָבען דורכגעמאכט אין זייער בע־וועגונג, וועט איהר לייכט זעהען אז די אקטיווע קראפט **P** האָט זיך בעוועגט אדער ערוויטערט פון זיין פריהערדיגער לאגע אויף די

געפינטעלטע ליניע A'C, וועלכע איז פיעל גרעסער ווי די W שטרעקע B'D וואס דער געוויכט W האט געמאכט. דער וואס ווייס אביסעל געאמעטריע קען לייכט בעווייזען אז די פראפארציע צווישען די דאזיגע שטרעקען איז גראדע דיזעלבע ווי די פראפאר־ציע צווישען די ליוועד ארעמס. אויב דער ליוועד ארעם A'F פון דער אקטיווער קראפט P איז למשל 3 מאל גרעסער ווי דער ארם FB פון W, וועט די שטרעקע A'C פון דער קראפט P אויך זיין 3 מאל גרעסער פון דער שטרעקע B'D פון דעם גע־וויכט W.

דאס בעווייזט ווייטער ווי ריכטיג עס איז דער פרינציפ פון ארבייט. אויב די קראפט P איז 3 מאל קלענער פון W איז דערפאר די שטרעקע פון זיין בעוועגונג 3 מאל גרעסער ווי די שטרע־קע פון W, און די ארבייט וואס איז ארייגעלעגט אין דער מאשין ביי P איז פונקט דיזעלבע ווי די ארבייט פון דעם געוויכט W וועלכען P האט בייגעקומען און אויפגעהויבען אין דער הויך.

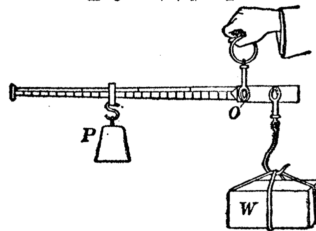
אויב א קראפט פון א פונט קען דורך דעם גרעסערען ארעם אויפהויבען א געוויכט פון 3 פונט, וועט דער פונט קראפט בעווע־גען זיך אויף א שטרעקע 3 מאל גרעסער ווי דער 3 פונטיגער גע־וויכט, און זייערעביידע ארבייטען וועט אויסקומען גלייך. דערמיט וואס איהר האט געוואונען אין קראפט 3 מאל האט איהר פערלארען אין געשווינדקייט 3 מאל. זאל פערקעהרט דער געוויכט הייגגען אויף דעם לאנגערען ליוועד ארעם, וואלט איהר געדארפט אנווענדען אויפ'ן קורצערען ארעם 3 פונט קראפט פאר יעדען פונט פון'ם געוויכט, איהר פערלירט 3 מאל אין קראפט, דערפאר וואלט זיך דער געוויכט בעוועגען 3 מאל שנעלער פון אייער אקטיוו'ער קראפט.

אכטער קאפיטעל

די דריי קלאסען ליווערס.

די ערשטע קלאסע ליווערס זיינען אזעלכע וואס זייער אנשפאַ־רונג־פונקט ליגט צווישען דעם געוויכט און דער אקטיווער קראפט. געוועהנליכע וואגשאַלען איז דער איינפאכסטער ביישפיעל פון אזא ליווער, זיינע ביידע ארעמס מוזען זיין גלייך. א מאָל פלעגט מען אפט ברויכען אויף אבצוואועגען זאכען אן איינפאכערען אינסטרו־מענט וואו דער פרינציפ פון א ליווער מיט ניט גלייכע ארעמס ווערט אנגעווענדעט. אין רוסלאנד האָט ער געהייסען בעזמען (פיג. 16)

פיגור 16

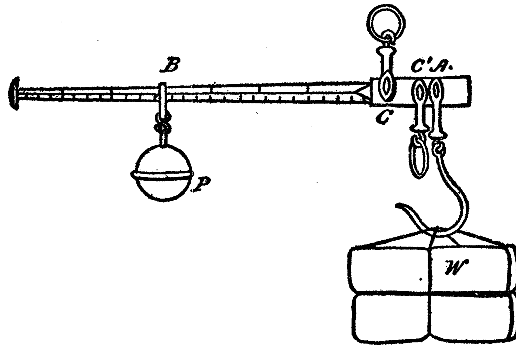


דער בעזמען

דעם אינסטרומענט איז לייכטער צו טראָגען מיט זיך, און רייזענדע קויפלייטע פלעגען זיך מיט איהם פיעל בענוצען, אויסער דעם ברויכט מען ניט צו האָבען פיעלע געוויכטען מיט זיך. דער אנשפאַ־רונג פונקט איז ביי דער הענטעל O, וועלכע איז גאנץ נאָהענט פון דעם רעכטען עק פון דעם אייזערנעם אָדער קופערנעם ליווער. די זאך וואָס מען דארף אָבוועגען הייננט מען אויף דעם קורצען ארעם. און רוקענדיג דעם געוויכט P, קען מען מיט דעמזעלבען לייכטען געוויכט אָבוועגען גאנץ שווערע זאכען. די צייכענונגען אויף דעם אינסטרומענט צייגען וויפיעל פונט דער געוויכט P באלאנסירט ווען ער דערגרייכט די פערשיידענע פונקטען. לאָמיר אננעהמען ווען P וואָס וועגט איין פונט שטעהט ביי דעם ערשטען פונקט גראדע

אזוי ווייט פון דער הענטעל O לינקס, ווי דער קרוק אויף וועלכען מען היינגט אן די זאכען צום וועגען איז ערוויייטערט פון איהר רעכטס, דאן אזוי ווי ער איז א ליוועך פון גלייכע ארעמס, וועט איהר P באלאנסירען איין פונט און דער W וועגט דאן א פונט, אויף דער צווייטער צייכנונג האט דער פונט P לינקס א ארעם 2 מאל גרעסער, וועט ער באלאנסירען 2 פונט און די זאך W זא־ גען מיר וועגט 2 פונט, א. ז. וו.

פיגור 17



א דאפעלטער בעזמען

א שטיקעל פערבעסערונג אין דעם אינסטרומענט קענט איהר זעהען אין (פיג. 17). דער שטאנג האט אויף זיך צייכנונגען פון ביידע זייטען אי פון אויבען אי פון אונטען. ער האט אויף 2 הענטלעך פון אויבען און פון אונטען. די אונטערשטע הענטעל איז גאר נאהענט פון דעם קרוק אויף וועלכען מען היינגט די זאכען צום אבוועגען. דא האט איהר אין איינעם 2 אזעלכע אינסטרומענטען. איהר וועגט אויף איהם ווי פריהער. ברויכט מען צו וועגען גאר שווערע זאכען, קעהרט איהם איבער אויף דער אנדער זייט און איהר מאכט דעם רעכטען ארעם מיט דעם, וואס די הענטעל איז אזוי נאהענט צום קרוק, פיעל קירצער, און איהר האט א נייעם אינסטרומענט מיט נייע צייכנונגען

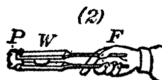
און איהר קענט מיט דעמזעלבען געוויכט וועגען פיעל מאל שווערערע זאכען ווי פריהער.

אין דער ערשטער קלאסע ליוועדם האבען די 2 קראפטען, די אקטיווע און די וואס מען וויל בייקומען, געווירקט אויףביידע זייטען פון דעם אנשפארונג פונקט, איינע רעכטס און איינע לינקס. די ארעמס פון די קראפטען האבען געקענט געמאכט ווערען ביידע גלייך אזוי ווי אין די געוועהנליכע וואגשאלען און דאן האבען מיר קיין מעכאנישען געווינס און קיין מעכאנישען פערלוסט, די ביידע קראפטען זיינען דאן גלייך; מיר האבען געקענט מאכען דעם ליוועד ארעם פון דער אקטיווער קראפט פיעל מאל לענגער ווי דעם ארעם פון דעם געוויכט W און דאן האבען מיר א מעכאנישע' געווינס אויף אזוי פיעל מאל, וויפיעל מאל דער ארעם פון דער אקטיווער קראפט איז לענגער פון דעם קורצען ארעם פון W; און צו דערזעלבער צייט האבען מיר געמוזט האבען א פערלוסט אין געשווינדקייט פינקטליך אויף אזוי פיעל וויפיעל מאל מיר האבען געוואונען אין קראפט, און פערקעהרט. מיר האבען געקענט מאכען דעם ליוועד ארעם פון דעם געוויכט W לענגער און דעם אנדערען ארעם פון דער אקטיווער קראפט קורצער, דאן האבען מיר א מעכאנישען פערלוסט; אויב דער קראפט ארעם אויפ'ן ליוועד זאל זיין 3 מאל קירצער פון דעם געוויכט ארעם וועט מען מוזען אנווענדען א קראפט פון דריי פונט אויפצוהויבען איין פונט פון דעם געוויכט און צו דערזעלבער צייט ווי גרויס עס איז דער מעכאנישער פערלוסט אזוי גרויס איז דער געווינס אין געשווינדקייט: די 3 פונט הויבענדיג דעם פונט, וועלען מאכען דעם איין פונט פון'ם געוויכט W צו בעוועגען זיך דריי פוס הויך, וועהרענד די 3 פונט וועלען זיך ארונטערלאזען נאר איין פוס. אין די ליוועדם פון דער צווייטער און דריטער קלאסע געפינען זיך ביידע קראפטען אויף איין זייט פון דעם אנשפארונג־פונקט, אויך אין זיי קענען די ארעמס ניט זיין גלייכע, איינע מוז דאך זיין נעהענטער צום אנשפארונג־פונקט ווי די אנדערע, ווי באלד זיי זיינען ביידע אויף איין זייט פון איהם, און דערפאר מוז אדער די אקטיווע קראפט האבען דעם לענגערען ארעם, און דאן רופט מען עס א ליוועד פון צווייטער קלאסע, אדער דער געוויכט W האט דעם לענגערען ארעם און דאן רופט מען

עס א ליווער פון דריטע קלאסע. אין די טעקסט־ביכער איבער מע־
כאניקע ווערט געוועהנליך געמאכט דער אונטערשייד צווישען די
ליווערס פון דער צווייטער קלאס און די ליווערס פון דער דריטער
קלאס אז אין דער צווייטער קלאסע ליווערס איז דער געוויכט W
צווישען דער אקטיווער קראפט און דעם אנשפארונג פונקט און אין
דער דריטער קלאסע איז די אקטיווע קראפט צווישען דעם געוויכט
און דעם אנשפארונג־פונקט ; עס איז דאסזעלבע וואס איז געזאגט
געווארען אין מיין ערקלערונג, וועלכע העלפט גלייך צו פערשטעהען
דעם מעכאנישען ווערטה פון די ביידע קלאסען ליווערס. די צווייטע
קלאסע וואס האט דעם ארעם פון דער אקטיווער קראפט לענגער, גיט
אימער א מעכאנישען געווינס און א פערלוסט אין שנעלקייט, די
דריטע קלאסע ליווערס, וואס האבען דעם ארעם פון דעם געוויכט א
לענגערען גיבען אימער א מעכאנישען פערלוסט און א געווינס אין
שנעלקייט.

דער גראבער שטעקען וועלכען אפילו דער ווילדער מענש האט
געברויכט צו קייקלען קלעצער, וועגען וועלכען מיר האבען אנגע־
צייגט אין אנפאנג פון דעם קאפיטעל איבער ליווערס, איז א ליווער
פון דער צווייטער קלאסע. דער פערשפיצטער עק וואס ווערט איינ־
געגראבען אין דער ערד אונטער'ן קלאץ איז זיין אנשפרונג פונקט.
דער געוויכט P פון דעם קלאץ וואס דער מענש וויל בייקומען
האט א גאנץ קורצען ארעם, ער דריקט זעהר נאהענט פון דעם אנ־
שפארונג פונקט, די אקטיווע קראפט די האנד האט די לענג פון
דעם גאנצען שטעקען פאר איהר ארעם. אויב די ליינג פון דעם
גאנצען דראנג איז אפילו ניט מעהר ווי 10 מאל אזוי פיעל ווי דער
קורצער ארעם פון דער קלאץ, קען די האנד מיט א קראפט פון 100
פונט הויבען א געוויכט פון 10 מאל 100 אדער 1000 פונט, א מעכא־
נישער געווינס פון 10 מאל, און דערפאר פערלירען מיר אין שנעל־
קייט ; פאר יעדען פוס וואס די האנד הויבט זיך וועט די קלאץ
הויבען זיך איין צעהנטייל פון א פוס. א נוס־קרעקער (פיג. 18)

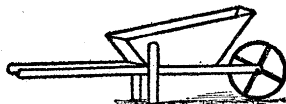
פיגור 18



ניס-קרעקער

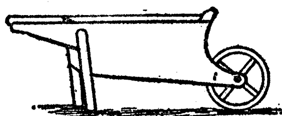
איז אויך אזא ליווער. P דער אנשפארונג-פונקט איז ביים ענדע פון דעם נוס-קרעקער וואו ער שליסט זיך צוזאמען. W דער נוס וואס מען דארף בייקומען ליגט נאהענט צו P און ער האט דעם קורצען ארעם. די האנד F די אקטיווע קראפט האט דעם לאנ-גען ארעם פון דעם ליווער, און דער מעכאנישער געווינס איז אזוי גרויס וויפיעל דער האנד ארעם איז גרעסער פון דעם נוס ארעם.

פיגור 19



א טאשקע פאר שווערע משאות

פיגור 20



א גערטנערס טאטשקע

א טאטשקע איז אויך א מין ליווער פון דער צווייטער קלאס. (פיג. 19) (פיג 20). דער אנשפארונג פונקט איז אין דער אקס ביים רעכטען עק פון דער טאטשקע. דער רעדעל איז ארויפגעזעצט אויף דער אקס צו פערקלענערען די רייבונג. דער געוויכט איז די מאסע אין דער טאטשקע. און די אקטיווע קראפט פון דעם וואס ארבייט ווערט צוגעלעגט צו די הענטלעך פון דער טאטשקע אין פראנט.

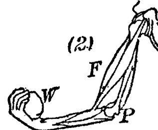
ווען די מאסע איז א שווערע ווי ציגעל, שטיינער, אייזען זעהט דער ארבייטער צו פעררוקען די מאסע צום ווענטעל לעבען דער אקס, ווייל וואס נאהענטער די שווערע מאסע איז צו דער אקס, אלץ קירצער איז דער געוויכט ארעם און אלץ גרעסער וועט זיין דער מע-כאנישער געווינס. קוקט זיך צו צו די צוויי טאטשקעס, וועט איהר זעהען ווי פערשיידען זיי זיינען געבויט. פיג. 20 איז א ווענעלע פאר פיהרען לייכטע זאכען. ער ווערט געברויכט אין פארקס, אין גאר-

טענם צו פיהרען גראז, בלומען א. ז. וו. די שווערקייט פון די זאכען שפּיעלט דאָ קיין ראָליע נים. דער קאסטען פון'ם וואָגען איז ניט אָנגערוקט אויף'ן אקס. עס איז ניט נויטיג צו מאכען דעם געוויכט ארעם אזוי קורץ ווי מעגליך. די לייכטסטע זאכען פילען אָן דעם קאס־טען, די הענטלעך זיינען קורצע, ווייל מען ברויכט ניט צו מאכען דעם ארעם פון דער אקטיווער קראפט אזוי לאנג, גאנץ אנדערש איז דער פאַל פון דער טאטשקע (פיג. 19), וואס ווערט געברויכט צו פיהרען די שווערסטע זאכען, אום צו מאכען דעם מעכאנישען גע־ווינס וואָס גרעסער, מוז מען זעהען צו האָבען וואָס לענגער דעם קראפט ארעם און וואָס קורצער דעם געוויכט ארעם. דערפאר זיינען די הענטלעך אין דער טאטשקע לאנגע, דער קאסטען פון'ם וואגען איז ארויפגערוקט איבער'ן אקס, אויך איז דער טייל פון'ם קאסטען איבער'ן אקס טיעפער, כדי מען זאָל קענען די שווערע מאסע צורו־קען נעהענטער צו דער ווענטעל און מאכען דעם געוויכט ארעם וואָס קורצער. וואָס נעהענטער די שטיינער וועלען ליגען צו דער אקס, אַלץ לייכטער וועט דאס זיין דעם ארביימער צו שלעפּען די טאטש־קע.

דער בעסטער ביישפּיעל פון א דריטע קלאסע ליוועד איז די צוואנגעל אנצונעהמען א שטיקעל צוקער. דאָ ברויכט מען ניט צו זארגען פאר א מעכאנישען געווינס. דער אנשפּארונג פּונקט איז דאָ אין דעם אויבערשטען עק, דער אנדער עק איז דער וואָס פערכאפּט דעם שטיקעל צוקער, די גאנצע לענג פון דעם צוקער־צוואנגעל איז דאָ דער געוויכט ארעם, און די אקטיווע קראפט, די האנד, ווערט צו־געלעגט אין מיטען פון דער צווייננגעל.

נאָך א ביישפּיעל פון אזא ליוועד איז דער מעכאנישער געבוי פון אונזער האנד אליין. (פיג. 21). דער אנשפּארונג־פּונקט **P** איז

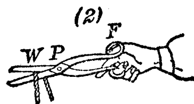
פיגור 21



אונזער ארים אלס ליוועד

דער עלנבויגען. דער געוויכט **W** ליגט איז דער האנד און דער מוסקול **F**, וואס מאכט די האנד מיט דעם געוויכט צו הויבען זיך, איז צוגעבונדען ניט ווייט פון **P**. דא איז דער געוויכט ארעם פיעל לענגער פון דעם קראפט־ארעם. מיר פערלירען אין מעכאנישער קראפט. אום צו הויבען איין פונט מוז זיך דער מוסקול אנשטרענגען פיעל מאל מעהר ווי איין פונט, דערפאר געווינען מיר אין שנעל־קייט, דער מוסקול **F** בעוועגט זיך אן אונבעדייטענדע שטרעקע און דער געוויכט **W** מיט דער האנד בעוועגען אזוי פיעל מאל שנעלער ווי פיעל מאל דער געוויכט־ארעם פון דער האנד ביז'ן עלענבויגען איז גרעסער פון דעם קורצען קראפט־ארעם פון עלענ־בויגען ביז דעם עק פון דעם מוסקול **F**.

פיגור 22



א שערעל

א געוועהנליכע שער (פיג. 22) איז א דאפעלטער ליווער פון דער ערשטער קלאסע. דער אנשפארונג־פונקט איז **P** דער שרייפעל וואס שליסט ביידע טיילען פון דער שער. און די טקטיווע קראפט, די האנד, ארבייט אויף איין זייט פון **W.P** די זאך וואס מיר ווילען צושניידען איז אויף דער אנדער זייט פון **P** דארף מען שניידען א לייכטע זאך ווי פאפיער, לייכטע פאבריק־שטאפען, קען מען מאכען דעם געוויכט ארם פון **W** ביז **P** פיעל לייגגער פון דעם קראפט־ארם **P F**, און דאן וועלען מיר געווינען אין שנעלקייט, דארף מען אבער שניידען שווערע זאכען ווי אייזען, צין א. ז. וו. מאכט מען דעם ארם **W P** קורץ ווי מעגליך און דאן געווינען מיר אין קראפט.

אמאל קען איין אדער דערזעלבער אינסטרומענט ווערען פון איין סארט ליווער א צווייטער סארט. דער שטעקען מיט וועלכען מיר קייקלען קלעצער, האבען מיר געזאגט, איז א ליווער פון דער צווייטער קלאסע. ווען דער פערשפיצטער עק ווערט איינגעגראבען אין דער

ערד. ווען די קלעצער ליגען איינע אויף די אנדערע און איהר שפּארט אריין דעם שטעקען צווישען זיי, און איהר זוכט אראבצו־קייקלען דעם אויבערשטען קלאָץ פון דעם אונטערשטען, ברויכט איהר דעמזעלבען שטעקען ווי א ליוועך פון דער ערשטער קלאסע. דער אנשפּארונג־פּונקט איז אויפ'ן אונטערשטען קלאָץ, און דער געוויכט די אויבערשטע קלאָץ ווירקט אויף איין עק פון דעם שטע־קען און אייער האנד ווירקט אויפ'ן אנדערען עק, און דריקט איהם ארונטער, כדי אויפצוהויבען אביסעל דעם אויבערשטען קלאָץ און אראבקייקלען איהם. דאס זעלבע ווען איהר ברויכט אן אייזערנעם שטאנג אויפצורייסען די דעק פון א קאסטען. דער אנשפּארונג פּונקט בייט זיך, און דער שטאנג ווערט אַט אן ערשטע קלאסע אין אַט א צווייטע קלאסע ליווער.

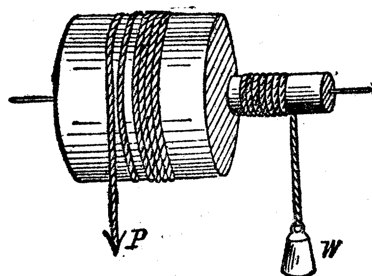
א צוואנג ארויסצורייסען נעגעל איז א ערשטע קלאסע ליווער ווען איהר פערכאפּט מיט איהם דעם נאגעל, דאן איז ער גלייך ווי א שער, א ערשטע קלאסע ליווער. ווען דער נאגעל איז שוין פערכאפּט און איהר שפּארט אן דעם צוואנג אן דער פּאדלאגע אדער אן וואנט אום ארויסצורייסען דעם נאגעל פון דעם האלץ, ווערט דער צוואנג א צווייטע קלאסע ליווער.

ניינטער קאפיטעל

א ראד מיט אן אקסעל.

די גלייכע ליוועדס ווערען ווייניגער געברויכט ווי די ליוועדס, וואס האבען די פארמע פון צילינדרען אדער רעדער. א גלייכער ליוועד האט זעהר א בעשרענקטע בעוועגונג. זיינע עקען בעוועגען זיך נאר ארויף און אראב און אויך נאר ביז א זעהר קליינעם גראד. אפט גליטשט זיך דער ליוועד אראב פון זיין אנשפארונג פונקט. די אלע פעהלערן זיינען נישטא אין די סארטען ליוועדס וואס הייסען אין מעכאניקע „ראד און אקסעל". דער צילינדער אדער דער ראד וואס איז ארויפגעזעצט אויף א פעסטע אקס, ווערט שיון פון זיין אנשפא־רונג־פונקט נים קענען אראבגליטשען זיך. (פיג. 23) צייגט די איינ־פאכסטע פארמע פון אזא מאשין. זי בעשטעהט פון 2 צילינדערען פון פערשיעדענע גרויס.ביידע פון איין שטיק, און ביידע דרעהען זיך ארום איין אקס. דאס איז דער דינער שטיק אייזען, וועלכען איהר זעהט ארויסשטארצען פון'ם צענטער פון ביידע צילינדרען. דער גרוי־סער צילינדער הייסט דער ראד, און דער קלענער הייסט די אקסעל. ארום דעם ראד איז ארומגעדרעהט א שטריק, אויך איז אויף דעם אק־

פיגור 23

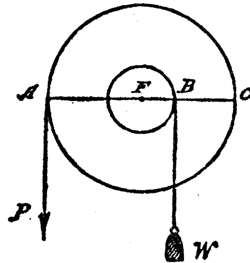


ראד איז אקסעל

סעל ארומגעדרעהט א שטריק, נאר אין א פערקעהרטער ריכטונג און

ווען מען ציהט ארונטער די שטריק פון דעם ראד, ווערט די שטריק פון דעם אקסעל אלץ מעהר אנגעדרעהט אויף איהם און פערקעהרט, ווען די שטריק פון דעם אקסעל ציהט זיך אויס און דרעהט זיך אב פון דעם אקסעל, ווערט די שטריק פון דעם ראד אלץ מעהר אנגעדרעהט אויף איהם. צום עק פון דער אקסעל שטריק איז צוגעבונדען דער געוויכט W, און די קראפט P ווערט אנגעווענדעט ארונטערצושלעפען די שטריק פון דעם ראד. ווען די קראפט P ציהט די ראד־שטריק ארונטער, הויבען אן ביידע צילינדערען זיך דרעהען ארום דער אקס, און די אקסעל־שטריק דרעהט זיך אן אויפ'ן אקסעל און הויבט דעם געוויכט W ארויף צו. ווען דער ראד האט זיך איינמאל ארומגעדרעהט, אדער ווען איינער פון זיינע פונקטען איז געקומען צוריק אויף דעמזעלבען פלאץ ווי פון אנפאנג, וועט זיך דער קליינער צילינדער, דער אקסל אויך איינמאל ארומדרעהען, אזוי ווי דער ראד איז דאך פיעל מאל גרעסער ווי דער אקסעל, וועט די קראפט P ארונטערציהען א פיעל לענגערע שטיק פון איהר שטריק ווי דער אקסעל וועט ארויפציהען אויף זיך זיין שטריק. די ארונטערגעצויגענע שטריק וועט גראדע זיין אזוי פיעל מאל לענגער פאר דער ארויפגעצויגענער שטריק ווי פיעל מאל דער ארום פון דעם ראד איז גרעסער פון דעם ארום פון'ם אקסעל. הייסט דאס אז P וועט זיך בעוועגען אזוי פיעל מאל שנעלער ווי W. און פון דעם געזעץ פון ארבייט ווייסען מיר אז אויב P בעוועגט זיך לאמיר זאגען 10 מאל שנעלער ווי W מוז זי זיין 10 מאל קלענער פון W. און א פונט קראפט צוגעלעגט צו דער שטריק פון'ם ראד וועט בייקומען 10 פונט W. צו צייגען אז דער ראד און אקסעל איז ניט מעהר ווי איין ליווער גיבען מיר דא (פיג. 24). זי שטעלט פאר דעם שניט פון די 2 צילינדערען, פונקט F איז די אקס ארום וועלכע די ביידע צילינדערען דרעהען זיך. די פיגור צייגט קלאר אז מיר האבען דא צו טהאן מיט א ליווער

פיגור 24



דער שניט פון דער מאשין

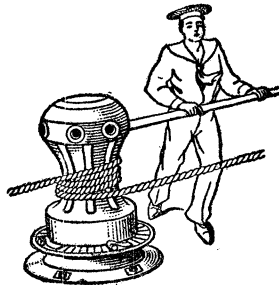
BA: וועמעס אנשפּארונג פּונקט איז **F**, די אקס **P** אר־ בייט אויפ'ן לאנגען ארם **AF** פון דעם ראד ביז דער אקס, און דער געוויכט **W** ווירקט רעכטס אויף דעם קורצען ארם פון דעם אקסעל ביז דער אקס, און דער מעכאנישער גע־ ווינס איז דער, וואס **P** מוז זיין אזוי פיעל מאל קלע־ נער פון **W**, מיט וויפיעל מאל זיין ארעם **AF** איז גרע־ סער פון דעם געוויכט ארעם **BF** אדער מיט פיעל מאל דער ראד איז גרעסער ארום און ארום ווי דער אקסעל ארום און ארום. עס פערשטעהט זיך אז וואס גרעסער דער ראד און וואס דינער דער אקסעל, אלץ א גרעסערער וועט זיין דער מעכאנישער געווינס. געוועהנליך גאר דין קען מען דעם אקסעל ניט מאכען, ער וועט ניט קענען אויסהאלטען דעם שווערען געוויכט וואס הענגט אויף זיין שטריק. פון דער פיגור 24 זעהט מען קלאר, אז ווען די קראפט **P** שלעפּט די ראד־שטריק ארונטער און ווירקט אויף א געוויסען פונקט פון דעם צילינדער, ארבייט די קראפט אין דעם פונקט אויף דעם לאנגען ארם פון א ליווער פון דער ערשטער קלאסע. דער צי־ לינדער הויבט זיך אן צו דרעהען, און צו יעדען מאמענט איז דא א נייער פונקט אויף וועלכען די קראפט ארבייט, א נייער ליווער אבער אלץ פון דערזעלבער גרויס און דיזעלבע ארמס, גראדע אזוי ווי עס ארבייט דער ראד פון א וואסער מיל.

אין דעם ראד פון א וואסער מיל זעהט מען דייטליך די ליווערס, ווייל ער בעשטעהט פון פיעל ליווערס וועלכע זיינען איינגעפיקסט

אין איין מיטעלפונקט פון דעם ראָד. די וואסער פאַלט מיט איהר קראַפט אויף איינעם פון די ליוועָרס, דער ראָד דרעהט זיך, און ווען דער ערשטער ליוועָר איז אַרונטערגעשלעפּט אונטער'ן וואסער קומט אַ נייער ליוועָר אויף וועלכען די וואסער־קראַפט אַרבייט ווי פריי־הער, געהט דער אונטער אין וואסער, קומט נאָך איינער און אַזוי ווייטער.

אייגענטליך קען מען אנשטאַט דעם גרויסען צילינדער מיט זיין שטריק ברויכען אַ הענטעל צוגעפּיקסט צום אַקסעל, און דאַן צייגט זיך אַרויס דער כאַראַקטער פון דעם ליוועָר דייטליכער. וואָס לענגער די הענטעל, וואָס לענגער דער אָרם פון דער האַנד־קראַפט אַלץ לייכטער וועט זיין צו דרעהען דעם אַקסעל און הויבען די מאַסע. וואָס הענגט אויף זיין שטריקעל. און אין דער פּראַקטיקע ווערט טאַקע געברויכט אַזאַ הענטעל. (פיג. 25). צייגט אַזאַ מין ראָד און אַק־

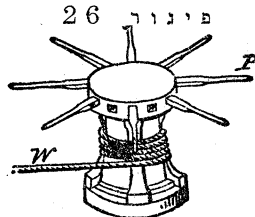
פיגור 25



סעל, וואָס די מאַטראָזען ברויכען. די דיקע קלאָץ איז די אַקסעל מיט'ן קאַנאַט, וואָס דרעהט זיך אויף איהר אַקס. אין שפּיץ פון דער אַקסעל זעהען זיך לעכער וואו דער מאַטראָז שטעלט אַריין אַ לאַנגע הענטעל און אַרבייט מיט דעם לאַנגען אָרעם פון דעם לי־ווער. אויב די מאַטראָזען דאַרפען אַרויפשלעפּען דעם שווערען אַנ־קער, ווערען אַזוינע הענטעלך אַריינגעשטעלט אין אַלע לעכער, אַדער

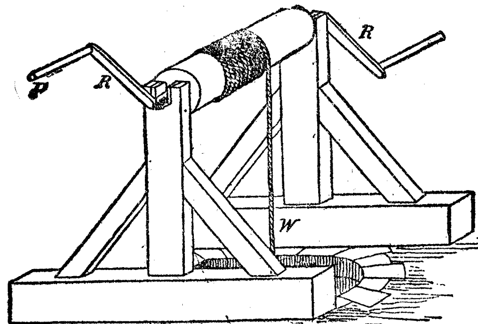
אזוינע הענטלעך זיינען איינגעפיקסט ווי אין (פיג. 26) און פיעלע

פיגור 26



מאטראזען קענען ארבייטען צוזאמען, יעדער אויף א בעזונדערען ליווער. אזעלכע אקסלען מיט א הענטעל אנשטאט דעם גרויסען צילינדער בעגעגענט איהר אויף יעדען שריט און טריט (פיג. 27).

פיגור 27

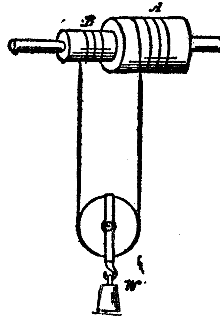


דער מעכאנישער געווינס הענגט אב נאר פון דער לייננ פון דער הענטעל R, וואס לענגער די הענטעל R אלץ גרעסער וועט זיין דער מעכאנישער געווינס, די זייטיגע הענטעל איז צוגעזעצט נאר פון בעקוועמליכקייט וועגען, עס איז לייכטער צו דרעהען די הענטעל R מיט דער הילף פון דער צוגעזעצטער זייטיגער הענ־טעל, און צווייטענס ווייל די דאזיגע זייטיגע הענטעל איז איינגע־פיקסט צום עק פון דעם ליווער R מאכט ניט אויס וואו איהר וועט ניט צולעגען אייער האנט אדער אפילוביידע הענט צו דער זייטי־

גער הענטעל, וועט איהר אלץ האבען דעם פולען מעכאנישען ווערטה פון דער גאנצער ליינג פון דעם ליווער R. וועהרענד אהן דער זייטיגער הענטעל וואלט שוין, יא אויסגעמאכט וואו איהר לעגט צו אייער האנד אדער הענד צו R, וואס ווייטער די האנד אדער הענד וואלטען צוגעלעגט ווערען פון דעם עק פון דער ליווער R, וואלט איהר מעהר פערקירצען דעם קראפט ארם פון דעם ליווער און איהר וואלט האבען א מעכאנישען פערלוסט.

צו הויבען גאר שווערע זאכען ברויכט מען א קאמבינאציע פון אן אקסעל מיט א בעוועגליכע פולי, (פיג. 28) דער גאנצער שכל

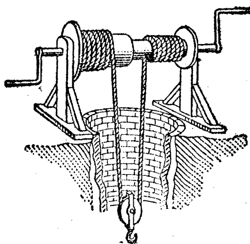
פיגור 28



ליגט דא אין דעם נייעם מין אקסעל. ווי איהר זעהט איז דער אק־סעל א דאפעלטער. אויסערליך זעהט דאס אויס ווי א ראד מיט אן אקסעל. אבער אין דער ווירקליכקייט איז דאס איין אקסעל, ווארים אין דער מאשין פון אן אמת'ן ראד מיט אן אקסעל, ווירקט די אקטי־ווע קראפט אויפ'ן ראד און דער געוויכט אויפ'ן אקסעל, דא אין דעם דאפעלטען אקסעל ווירקט אויףביידע טיילען, אי אויף דעם גרעבע־רען אי אויף דעם דינערן בלויז די געוויכט W. אויסער דעם איז אין דעם פאל פון א ראד מיט אן אקסעל געברויכט צוויי בעזונדערע שטריק, איינע פאר דעם ראד און די צווייטע פאר דעם אקסעל. דא איז נאר איין שטריק און זי איז איינגעארדענט אויף אזא אופן. די שטריק נעהמט

א פריהער ארום דעם גרעבערען טייל **A** **פון דעם אקסעל, דאַן** **כאַפּט זי ארום די בעוועגליכע פולי, און נאך דעם דרעהט זי זיך אַן** ארום דעם דינערען טייל פון **B** **פון דעם אקסעל; דער געוויכט** **W** **הענגט אויף דעם בלאָק פון דער בעוועגליכער פולי, די קראַפט** ווערט צונעלעגט ווי געוועהנליך צו א הענטעל אנשטאט א ראַד און ווען דער דאָפּעלטער אקסעל דרעהט זיך, הויבט זיך דער געוויכט מיט דער פולי ארויפצו, און צו דער צייט דרעהט זיך די שטריק אַן אויף דעם טייל **B**, און דרעהט זיך אָב פון דעם טייל **A**. **דער מע־** כאַנישער געווינס פון אזא מין אקסעל קען זיין געוואלדיג גרויס. **אַנוועגדענדיג דעם געזעץ פון ארבייט אין דעם פאַל, קענט איהר** גלייך איינזעהען די גרויס פון דעם געווינס פון דעם, ווי קליין עס איז די שטרעקע אויף וועלכע דער געוויכט **W** **הויבט זיך. ווען** דער דאָפּעלטער אקסעל האט זיך איינמאל איבערגעדרעהט ארום און ארום, האט זיך דאך די שטריק איינמאל ארומגעדרעהט אויף דעם גרעבערען טייל **A**, און איינמאל ארונטערגעלאַזען זיך פון דעם דינערען טייל **B**. הייסט דאס דער געוויכט וועט זיך אויפהויבען נאר אויף אזוי פיעל וויפיעל די שטריק ארום **A** איז מעהר ווי ארום **B** אדער ווי ווייט דעם ארום פון דעם גרעבערען טייל איז מעהר פון דעם ארום פון דעם דינערען טייל, און וואס קלענער עס וועט זיין דער אונטערשיעד צווישען דעם גראבען און דעם דינעם טייל, אלץ לאַנגזאמער וועט זיך דער געוויכט הויבען. (פיג. 29) שטעלט

פ י ג ו ר 29

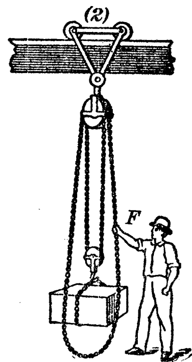


פאר די מאשין אין ארבייט, דעם דאָפּעלטען אקסעל, די פולי און די הענטעל. לאָמיר פּרובירען אויסצוגעפינען דעם מעכאַנישען גע־ווינס פון דער מאשין.

לאמיר זאגען די הענטעל איז 2 פוס לאנג, א פוס האט 12 אינ־טשעס, הייסט דאס די הענטעל איז 24 אינטשעס לאנג; דער נרע־בערער טייל פון דעם אקסעל זאל זיין אין שניט 6 אינטשעס און דער דינערער 5 אינטשעס. הייסט דאס אז די קראפט וואס ארבייט אויף דער הענטעל וועט מאכען א ראד 24 מאל גרעסער ווי דער אונ־טערשייד פון די צוויי טיילען וואס איז ניט מעהר ווי איין אינטש. פון דערפון ווייסען מיר אז די קראפט בעוועגט זיך 24 מאל שנעלער פון דעם געוויכט און דערפאר מוז זי זיין 24 מאל קלענער פון דעם געוויכט. אויסער דעם מאכט דאך די בעוועגליכע פולי א געווינס פון צוויי, גלייך ווי מיר וואלטען דארפען הויבען נאר א העלפט פון דעם געוויכט, הייסט דאס, אז די מאשין ווי זי איז וועט אונז געבען א מעכאנישען געווינס פון 2 מאל 24 (2 פון דער פולי און 24 פון דעם דאפעלטען אקסעל מיט דער הענטעל) אדער 48, דאס הייסט א מענש דרעהענדיג די הענטעל מיט א קראפט פון 100 פונט וועט קענען הויבען א מאסע פון 4800 פונט, גאנצע 2 טאן.

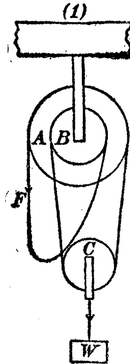
דעמזעלבען קונץ מאכט מען אמאל מיט די פולים. פיג. 30

פיגור 30



ציינט אזא קאמבינאציע פון פולים אין ארבייט. און פיג. 31 ציינט ווי די פולים און די שטריק זיינען איינגעארדענט. איהר זעהט פון אויבען א דאפעלטע איינגעפיקסטע פולי. די פולי A האט אין זיך

פיגור 31

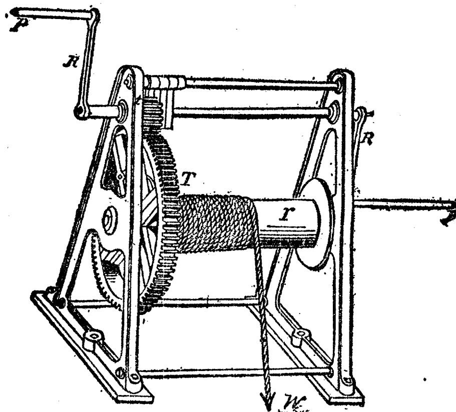


א גרעסערען קרייז ארום ווי די אנדערע פולי B, וועלכע איז
ארייננעשטעלט אין דעמזעלבען בלאק מיט A, און דיביידע פו־
ליס A און B ארבייטען ווי איין פולי. אויסערדעם וואס B
איז ארום און ארום עטוואס קלענער פון A. די שטריק כאפט
ארום א פריהער די פולי A, דאן די בעוועגליכע פולי C און
צוריק אויף דער קלענערער איינגעפיקסטער פולי B. אין דעם
פאל הויבט זיך אויף דער געוויכט נאר אויף דעם אונטערשייד וואס
איז צווישען די קרייזען פון דער גרויסער פולי A און דער קלע־
נערער B, און די בעוועגליכע פולי מאכט נאך אז די שטרעקע
וואס די געוויכט הויבט זיך אויף זאל זיין א העלפט פון דעם אונ־
טערשייד. ווען די ארבייטענדע קראפט F האט ארונטערגע־
שלעפט איין זייט פון דער ענדלאזער קייט אדער שטריק און האט
געמאכט די אנדערע זייט פון דער שטריק צוזאמען מיט'ן געוויכט
ארויפצוציהען זיך, קומט ארויס אז אין דער צייט ווען די קראפט
האט ארונטערגעשלעפט א שטיק שטריק וואס איז גלייך צו דעם
קרייז פון דער גרויסער פולי A, האט זיך צו דערזעלבער צייט
ארויפגעשלעפט א שטיק שטריק, אדער קייט וואס איז גלייך צו דעם
קרייז פון דער קלענערער פולי B, און פון דער אנדער זייט האט
זיך דער געוויכט אויפגעהויבען אויף א העלפט, פון דעם אונטער־
שייד פון די קרייזען פון די פולים A און Bדער געוויכט האט זיך

אויפגעהויבען א העלפט פון דעם קרייז פון דער פולי **A** און האט זיך ארונטערגעלאזען אויף א העלפט פון דעם קרייז פון דער קלענערער פולי **B**. דער מעכאנישער געווינס קען געמאכט ווערען אונגעהויער גרויס. די קראפט האט זיך בעוועגט אויף א שטרעקע פון דעם גאנצען קרייז פון פולי **A**, און דער געוויכט האט זיך בעוועגט אויף העלפט פון דער אונטערשייד פון די צוויי פולים **B** און **A**. אויב דער קרייז פון **A** לאמיר אננעהמען צו זיין 36 אינטשעס, און דער אונטערשייד פון די קרייזען פון די פולים **B** און **A** זאל זיין 1 אינטש, וועט דער געווינס אויסקומען 36 מאל 2 אדער 72. איין פונקט קראפט קען הויבען 72 פונט געוויכט.

צווישען דער הענטעל און דעם אקסעל ווערען אפטמאל געברויכט געקארבטע רעדלעך, וואס קענען פערגרעסערען פיעל דעם מעכאנישען געווינס פון דעם ראד און אקסעל. פיג. 32 שטעלט פאר אזא מאשין.

פיגור 32



די הענטעל R, בעוועגט ניט גלייך דעם אקסעל; **נאר זי בעוועגט** א קליינעם געקארבטען רעדעל, וואס זעצט אין בעוועגונג א גרויסען געקארבטען ראד. דער גרויסער געקארבטער ראד איז איינ־

געפּיקסט אויף דערזעלבער אַקס, אויף וועלכער דער אַקסעל דרעהט זיך. די ציינער אָדער די קאַרבונגען פון די רעדלעך זיינען פון פּונקטליך דער זעלבער גרויס. דאָס גיט אונז אַ גרינגען וועג אויס־צוגעפינען און צו פערגלייכען די גרויס פון די רעדלעך זעלבסט. אויב דער גרעסערער רעדעל האָט 100 ציינער, און דער קלענערער 10, ווייסען מיר אַז ער איז 10 מאָל גרעסער אַרום און אַרום ווי דער קלענערער.

יעצט לאָמיר בעטראַכטען דעם מעכאַנישען געווינס פון די גע־קאַרבטע רעדלעך, און לאָמיר למשל אָננעהמען אַז דער קלײנער רע־דעל האָט 10 ציינער און דער גרויסער 100 אַזעלכע ציינער. ווען די הענטעל **R** איז געווען פערבונדען דירעקט מיט דער אַקס, אויף וועלכער דער אַקסעל האָט זיך פריי געקענט דרעהען, דאַן איז יעדעם מאָל ווען די הענטעל האָט געמאַכט אַ פולען קרייז, האָט זיך אויך דער אַקסעל איין מאָל אַרומגעדרעהט. יעצט אָבער ווען די הענטעל איז פערבונדען מיט דעם קליינעם געקאַרבטען רעדעל, געהט נאָר דער קליינער רעדעל אַרום און אַרום מיט יעדען פולען דרעה פון דער הענטעל. אַזוי ווי דער קליינער רעדעל האָט ניט מעהר ווי 10 ציינער וועהרענד דער גרויסער רעדעל האָט גאַנצע 100 ציינער, וועט זיך דער קליינער רעדעל מוזען צעהן מאָל אַרומדרעהען אַרום און אַרום ביז דער גרויסער רעדעל מיט די 100 ציינער וועט מאַכען איין קרייז, דאָס הייסט די הענטעל וועט מוזען מאַכען צעהן קריי־זען אַרום און אַרום פאַר יעדען קרייז פון'ם אַקסעל. דער אַקסעל מיט די צוויי רעדלעך וועט זיך צעהן מאָל לאַנגזאַמער בעוועגען ווי פריהער אַהן זיי. פערלירענדיג 10 מאָל אין געשווינדקייט מוזען מיר נאָכ'ן געזעץ פון אַרבייט, געווינען 10 מאָל אין קראַפט, איין צעהנטייל פון די פריהערדיגע קראַפט וועט קענען בייקומען דעמ־זעלבען געוויכט, וואָס זי האָט בייגעקומען אַהן די רעדלעך. אַזעל־כע געקאַרבטע רעדלעך ווערען פיעל געברויכט אין די מעכאַניזמען פון זייגערס און זייגערלעך. נאָר דאָרטען ווערען זיי פּראַקטיש גע־ברויכט ניט צוליעב דעם מעכאַנישען געווינס. די רעדלעך גיבען אין די זייגער־מעכאַניזמען אונז די מעגליכקייט צו מאַכען די פערשיע־דענע אַקסען צו בעוועגען זיך מיט אַ געוויסער פּינקטליך אויסגערע־כענטער שנעלקייט.

מיר האָבען געזעהען ווי די אַלע מאַשינען, ראָד און אַקסעל, דער דאָפּעלטער אַקסעל, די געקאַרבטע רעדלעך שטאַמען אַלע פון דעם איינפאַכען ליווער. די איבריגע מאַשינען, דער קלין, די שאַרפע שנייד־געצייג, דער הובעל ווי אויך די שרויפען פון פערשיעדענע פאָרמען שטאַמען אַלע פון דער איינפאַכער מאַשינע, די איינגעבויגענע ברעט, אָדער פלאַכע.

צעהנטער קאפיטעל

די איינגעבויגענע פלאכע.

וואס איז אן איינגעבויגענע פלאכע? ווען דער טיש שטעהט פעסט אויף אלע זיינע פיסלעך, רופען מיר אן די פלאכע פון דעם אויבערשטען טייל פון טיש א גלייכע פלאכע. ווען מיר הויבען אויף איין עק פון טיש, ווערט דער אויבערשטער טייל פון טיש אן איינגעבויגענע פלאכע.

א גלאטער ברעט וואס ליגט אויף דער ערד איז א גלייכע פלאכע, ווען מען הויבט אויף איין עק פון דעמזעלבען ברעט, מען לאזט איין עק רוהען אויף דער ערד, און מען שפארט אן דעם אנדערען עק אויף וועלכע עס איז פלאטפארמע אביסעל העכער פון דער ערד, און מען בענוצט זיך מיט דעם ברעט אום לייכטער צו קייקלען שווערע פעסלעך ארויף צו אויף דער פלאטפארמע, ווערט דער ברעט אן איינגעבויגענע פלאכע, און אין דעם פאל ווען מיר בענוצען זיך מיט איהם צו לייכטער מאכען אונזער ארבייט, ווערט די איינגעבויגענע פלאכע פון דעם ברעט אן איינפאכע מאשין.

איידער מיר וועלען זיך נעהמען צו בעטראכטען דעם מעכאנישען ווערטה פון אט דער איינפאכער מאשין, דער איינגעבויגענער פלאכע, דארפען מיר דייטליכער פערשטעהען דעם מיין פון דעם ווארט „איינגעבויגען". דער ברעט בלייבט דאן דער זעלבער גלאטער ברעט, אין איהם אליין איז דאך קיין זאך ניט געקרימט געווארען, הייסט דאך אז דער ברעט האט געביטען זיין לאגע אין פערגלייך מיט אנאנדער זאך, פריהער איז ער געווען אין גלייכער לאגע מיט דער זאך, און יעצט איז ער איינגעבויגען אין פערגלייך מיט דער זאך, וואס איז געבליבען אלץ אין דער זעלבער גלייכער לאגע. פרעגט זיך דאך וואס איז דאס פאר אנאנדער זאך וואס אין פערגלייך מיט איהר איז דער ברעט געווארען איינגעבויגען? אום דאס צו פערשטעהען מוזען מיר זיך א ווייලע אבשטעלען אויף צוויי בעגריפען.

וואָס האָבען צו טהאָן מיט געוויסע בעשטימטע ריכטונגען, זיי הייר־סען די ווערטיקאַלע אָדער פּערפּענדיקולאַרע ריכטונג און די האָרי־זאָנטאַלע ריכטונג. די צוויי בעגריפען זיינען געוואָרען געוועהנליכע ווערטער אין אַלע ציוויליזירטע שפּראַכען. ווען איהר הענגט אויף אַ געוויכט אויף אַ פאָדים, נעהמט די פאָדים אָן אַ בעשטימטע ריכטונג, דאָס איז די ריכטונג אין וועלכער דער געוויכט וואָלט פאַלען צו דער ערד, ווען די פאָדים וואָלט איהם ניט אויפגעהאַלטען פון פאַ־לען. די ריכטונג פון דער אָנגעצויגענער פאָדים ווען אַ געוויכט הענגט אויף איהר, הייסט די ווערטיקאַלע ריכטונג. אין מעכאַנישען זין הייסט דאָס די ריכטונג פון אַלע זאַכען וואָס פאַלען פריי צו דער ערד. אַזוי ווי אַלע זאַכען ווערען צוגעצויגען צו איין און דעמזעל־בען פונקט פון דער ערד, צו איהר מיטעלפונקט אָדער צענטער, הייסט דאָס אַז די ריכטונג איז איינע פון די העכסט בעשטימטע ריכטונגען דאָ אויף דער ערד. אַ וואַנט וואָס האָט דיזעלבע ריכ־טונג ווי אָט דער פאָדים מיט'ן געוויכט, הייסט אַ ווערטיקאַלע אָדער אַ פּערפּענדיקולאַרע וואַנט.

אין דער פּראַקטיקע געפינט מען טאַקע אויס צי די וואַנט האָט די פּינקטליכע ווערטיקאַלע ריכטונג, דורך דעם וואָס מען בינדט צו פון אויבען אַ לאַנגען פאָדים מיט אַ געוויכט, אויב די וואַנט ציהט זיך ניט אַזוי גלייך ווי דער פאָדים, איז אַ געפאַהר פאַר דער גע־ביידע, וואָרים נאָר אַ ווערטיקאַלע וואַנט וועט בלייבען פעסט שטע־הען, אַביסעל אָבגעקרימט פון דער ווערטיקאַלער ריכטונג פון דעם פאָדים, שטעהט זי אין געפאַהר אין גאַנצען איינצופאַלען.

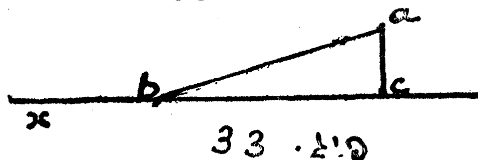
די האָריזאָנטאַלע ריכטונג איז די ריכטונג פון פלאַכע שטרע־קען פון דער ערד זעלבסט, אָדער נאָך בעסער פון שטרעקען שטילע ניט פליסענדע וואַסער, אַזוי ווי די פלאַכע פון אַ שטרעקע שטילע וואַסער אין ים. אמת, מאַטעמאַטיש איז דאָס ניט ריכטיג, ווייל די ערד איז דאָך אַ רונדע, און יעדער טייל, צי פון דער ערד, צי פון ים, איז אַ רונדע און ניט קיין פלאַכע זאַך, אָבער אין פּראַקטיקע, קען מען קליינע שטרעקען פון דער ערד זיכער רעכענען פאַר פלאַכען.

יעצט קומען מיר צו דער פראַגע וואָס איז אַן איינגעבויגענע פלאַכע? דאָס איז אַ פלאַכע וואָס איז ניט אַ האָריזאָנטאַלע און ניט

א ווערטיקאלע, נאר א פלאכע וואס שטעהט צווישען זייביידען, און טראגט אויף זיך אין דער זעלבער צייט דעם כאראקטער פון זיי ביי־דען, זי איז אביסעל א האריזאנטאלע און א ביסעל א ווערטיקאלע פלאכע, און זי איז איינגעבויגען צוביידע פון דיזע ריכטונגען. דער ברעט וואס איז געלעגען אויף דער ערד, אדער דער טיש וואס שטעהט אויף אלע זיינע פיס, איז א האריזאנטאלע פלאכע. ווען מיר האבען איין עק פון דער ברעט אויפגעהויבען און אנגעשפארט אויף א הע־כערע פלאטפארמע און געלאזען דעם אנדער עק אויף דער ערד אדער ווען מיר האבען אויפגעהויבען איין זייט פון טיש, ווערען זיי פלא־כען וואס זיינען איינגעבויגען צו דער פריהערדיגער האריזאנטאלער ריכטונג, מיר האבען זיי אביסעל אויפגעהויבען אין דער ווערטיקא־לער ריכטונג. אבער נאר א ביסעל, אין גאנצען האבען מיר זיי נים דערהויבען ביז דער ווערטיקאלער ריכטונג.

אז א שווערע מאסע ליגט אויף א האריזאנטאלער פלאכע, דריקט זי מיט איהר גאנצען געוויכט אויף דער פלאכע, דיזעלבע מאסע אויף א גלייכער ווערטיקאלער וואנט האט קיין שום דרוק נים, ווייל די מאסע פאלט גלייך און פריי ארונטער צו דער פלאכער ערד, אויף אן איינגעבויגענער פלאכע וועט די מאסע האבען טיילווייז די נייגונג ארבצופאלען אדער ארבצוקייקלען זיך צו דער פלאכער ערד, ווי אויף דער ווערטיקאלער פלאכע און טיילווייז וועט זי דריקען, אמת נים מיט דער קראפט פון איהר גאנצען געוויכט, אבער דאך דריקען וועט זי ווי אין דעם פאל פון א האריזאנטאלער פלאכע. וואס ווניגער די פלאכע איז איינגעבויגען, איז זי אלץ נעהענטער צו דער ריכטונג פון דער האריזאנטאלער פלאכע, און וואס מעהר זי איז איינגעבויגען דערנעהענטערט זי זיך צו דער ווערטיקאלער ריכטונג. אין פיג. 33 שטעלט די ליניע xY די האריזאנטאלע ריכטונג,

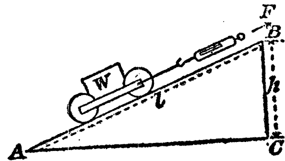
פיגור 33



די קורצע ליניע **ac** די ווערטיקאלע ריכטונג און די ליניע **ab** די איינגעבויגענע ריכטונג, וואס גרעסער די ליניע aC *) אלץ מעהר איינגעבויגען איז די ליניע ab. און אלץ נעהענטער ווערט זי צו דער ווערטיקאלער ריכטונג.

יעצט קענען מיר צוטרעטען צו בעטראכטען די איינגעבויגענע פלאכע אלס א מאשין און איהר מעכאנישען ווערטה אין ארבייט.

פיגור 34

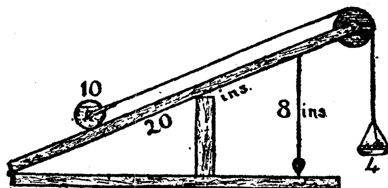


(פיג. 34). די אקטיווע קראפט **F** שלעפט דעם געוויכט **W** איבער דער איינגעבויגענער פלאכע פון פונקט **A** ביז איהר שפיץ פונקט **B**. וואס פאר אן ארבייט האט די קראפט אויפגע־טהאן? ווען די קראפט שלעפט דעמזעלבען געוויכט אויף דער ערד, אויף א האריזאנטאלער פלאכע, דארף זי נאר בייקומען די רייי־בונג צווישען דעם געוויכט און דער ערד, אזוי ווי די קראפט הויבט דאך ניט דעם געוויכט אין דער הויך, ארבייט זי ניט געגען דער צו־ציהונג קראפט צווישען דעם געוויכט און דער ערד, און אויב ניט די רייבונג וואלט זיך דער געוויכט בעוואויגען אהן אן אויפה דער האריזאנטאלער פלאכע פון דעם מינדעסטען שטויס; דא אבער ארויסלאזענדיג פון רעכענונג די ארבייט פון דער קראפט צו בייי־קומען די רייבונג צווישען דעם געוויכט און דער איינגעבויגענער פלאכע, בעשטעהט די ארבייט אין הויבען דעם געוויכט, זי ארבייט געגען דער צוציהונגקראפט וואס שלעפט דעם געוויכט ארונטער צו

*) אויפ'ן מאטעמאטישען לשון זאגט מען וואס גרעסער דער וויני־קעל צווישען דער האריזאנטאלער און דער איינגעבויגענער פלאכע, וואס גרעסער דער ווינקעל, אלץ גרעסער איז די ליניע **ac**

דער ערד צו. ווען זי האט ארויפגעשלעפט דעם געוויכט אויפ׳ן שפיץ צו פון דער איינגעבויגענער פלאכע, האט זי אבגעטהאן איהר ארבייט, זי האט אויפגעהויבען דעם געוויכט, אבער אויף וואס פאר א שטרעקע האט זי איהם אויפגעהויבען? די שטרעקע אדער די הויך מוז מען מעסטען אין דער ווערטיקאלער ריכטונג, ווארים די צוציהונג קראפט ארבייט דאך נאר אין ווערטיקאלער ריכטונג. אלזא ווי איהר זעהט פון דער פיגור, ווען דער געוויכט שטעהט אויף׳ן פונקט B´, האט ער זיך אויפגעהויבען אויף דער שטרעקע B O אדער h, דאס הייסט אויף אזוי פיעל וויפיעל דער איינגעבויגענער ברעט איז אויפגעהויבען געווארען אין דער ווערטיקאלער ריכטונג. יעצט קענען מיר לייכט אנווענדען דעם אלגעמיינעם געזעץ פון ארבייט אום אויסצורעכענען פינקטליך דעם מעכאנישען געווינס פון דער איינגעבויגענער ברעט. די קראפט האט געמאכט די גאנצע שטרעקע פון דער איינגעבויגענער פלאכע A F´, און דער געוויכט W האט זיך נאר אויפגעהויבען אויף דער שטרעקע h אזוי ווי די שטרעקע פון דער קראפט איז גרעסער פון דער שטרעקע פון דעם געוויכט, וועט די קראפט זיין אזוי פיעל מאל קלענער פון דעם געוויכט, מיט וויפיעל מאל די איינגעבויגענע שטרעקע איז גרעסער פון דער ווערטיקאלער שטרעקע. וואס לענגער די ברעט און וואס ווייניגער איהר איינגעבויגענקייט, אלס גרעסער וועט זיין דער מעכאנישער געווינס פון דער מאשין. ווען די לענג פון דער ברעט איז 20 פוס און זי איז אויפגעהויבען נאר איין פוס הויך וועט דער מעכאנישער געווינס זיין 20, איין פונט קראפט וועט קענען הויבען 20 פונט געוויכט. געוועהנליך איז אין דעם פאל די רייבונג גאנץ בעדייטענד און דער ווירקליכער געווינס וועט זיין קלענער פון 20. און די פיגור צייגט, ווי מיר קענען בעווייזען דעם געווינס. צו דעם געוויכט (די רעדלעך אונטען זיינען געמאכט אום צו פערקלענערען ווי ווייט מעגליך די רייבונג) איז צוגעבונדען א ספּראנזשינע וואג, און די קראפט וואס איז נויטיג צו שלעפען דעם געוויכט ווערט אנגעצייגט אויף דער ספּראנזשינע וואג, און אלע עקספּערימענטען בעווייזען ווי ריכטיג עס איז דער געזעץ פון ארבייט, וואס גיט אונז די מעגליכקייט פאראויס צו רעכענען דעם געווינס פון אלע מאשינען. (פיג. 35) צייגט ווי מען קען בעקוועמער מאכען די דאזיגע

פיגור 35



עקספערימענטען. דא זעהען מיר צוויי ברעטער וואס זיינען בע־העפט אויף זאוויעסעם און די אויבערשטע ברעט בעוועגט זיך פריי. אונטערשפארענדיג זיי מיט קלעצער פון פערשיעדענע גרויס, קען מען מאכען די אויבערשטע ברעט מעהר איינגעבויגען, אדער וועני־גער ווי מען וויל. דער פאדים מיט דעם געוויכט מעסט די הויך פון דער איינגעבויגענער פלאכע. אנשטאט א ספראנזשינע וואג ברויכט מען דא אין דער פיגור געוועהנליכע וואגען, וואס שלעפען די מאסע דורך די שטריקעל וואס איז איבערגעווארפען איבער דער איינגעפיקסטער פולי און איז צוגעבונדען צום געוויכט. די ברעט אין דער פיג. איז 20 אינטשעס, דער ווערטיקאלער פאדים איז 8 אינטש. צוויי און א האלב מאל קלענער פון דער ברעט. דאן אום ארויפצו־שלעפען דעם געוויכט פון 10 פונט איז גענוג ארויפצולעגען אויפ'ן שאל 4 פונט, אויך 2 און א האלב מאל ווייניגער פון דעם געוויכט, און מאכענדיג עקספערימענטען מיט פערשיעדענע געוויכטען און פערשיעדענע הויכקייטען פון דער איינגעבויגענער ברעט, געפינען מיר אימער די ריכטיגקייט פון דעם געזעץ פון ארבייט. מיט דער זעלבער לענג פון דער ברעט וועט אויסקומען אז וואס קלענער די הויך, אלץ גרעסער דער געווינס; זאל אין דער פיגור די לענג פון דעם ווערטיקאלען פאדים זיין אנשטאט 8 פיער אינטשעס, וועט מען דארפען בלויז 2 פונט צו הויבען די 10 פונט, אויב 2 אינטשעס, וועט די קראפט וואס קען שלעפען די 10 פונט זיין בלויז איין פונט א. ז. וו.

דאס איז אלץ געזאגט געווארען ווען די קראפט ארבייט פונקט אין דער זעלבער ריכטונג ווי די איינגעבויגענע פלאכע. אין די פא־לען ווען די קראפט ארבייט אין אן אנדער ריכטונג, למשל א קראפט

וואס האט א האריזאנטאלע ריכטונג אדער די ריכטונג פון דער אונ־טערשטער ברעט, שטופט דעם געוויכט ארויף צו, וועט דער מעכאני־שער געווינס זיין אבהענגיג פון דער פערהעלטניס צווישען דער הויך און דער לענג פון דער אונטערשטער האריזאנטאלער ברעט, ווייל אין דעם פאל וועט דער געוויכט מאכען די שטרעקע פון דער הויך פון די 2 ברעטער, און די האריזאנטאלע קראפט וועט מאכען די שטרעקע אזוי לאנג ווי די אונטערשטע ברעט. דאן וועט די קראפט זיין אזוי פיעל מאל קלענער פאר'ן געוויכט, מיט וויפיעל מאל די אונטערשטע האריזאנטאלע ברעט איז גרעסער פון דער ווערטיקא־לער הויך.

אין דעם ערשטען פאל, ווען די קראפט שלעפט דעם געוויכט אין דער ריכטונג פון דער איינגעבויגענער ברעט, וועט די קראפט אימער זיין קלענער פון דעם געוויכט, ווייל די איינגעבויגענע שטרעקע בלייבט אונטער אלע אומשטענדען אימער גרעסער ווי די הויך אדער די ווערטיקאלע שטרעקע.

אין דעם צווייטען פאל, ווען די קראפט ארבייט אין דער האריזאנטאלער ריכטונג, איז מעגליך צו האבען אמאל א מעכאנישען גע־ווינס און אמאל א מעכאנישען פערלוסט, ווייל די הויך אדער די ווערטיקאלע ריכטונג איז ניט אימער קלענער פון דער באזע, אדער פון דעם האריזאנטאלען ברעט, (אין פיגור 35), און ווען די הויך פון דער איינגעבויגענער ברעט איז גרעסער פון איהר האריזאנטאלער שטרעקע וועלען מיר האבען א מעכאנישען פערלוסט, די קראפט וועט מוזען זיין גרעסער פון דעם געוויכט, וואס מיר ווילען בייקו־מען און אויפהויבען אין דער הויך.

ווען מיר קלעטערען ארויף בארג, קלעטערען מיר אויף איין איינגעבויגענער פלאכע. וואס גרעסער עס איז די איינגעבויגענ־קייט פון דעם בארג אלץ שווערער איז צו קלעטערן איבער איהם. אום צו קלעטערען לייכטער אויף אזא בארג זעהען מיר צו מאכען לענגער די ליניע אדער דעם וועג דורך דעם וואס מיר געהען ניט אין א גלייכער ליניע ארויף צו, נאר אין זיג־זאג ליניעס, אביסעל אן א זייט און צוריק, און ווייטער אביסעל אן א זייט. די טרעפען אין א הויז איז א געוועהנליכער ביישפיעל פון אן איינגעבויגענער

פלאכע, וואס מעהר טרעפען, און וואס ווענינער אייננעבויגען זיי זיינען, אלץ לייכטער איז פאר אונז צו שלעפען אונזער אייגענעם געוויכט ארויף צו, אין א לייטער וואו די ווערטיקאלע הויך איז ניט פיעל קלענער פון דעם לייטער זעלבסט, דאס הייסט פון דער אייננעבויגענער פלאכע, איז דער מעכאנישער געווינס קליין, און מיר פיהלען ניט שטארק די פערלייכטערונג פון אונזער קלעטערן. אין דעם נייעם דיפא אויף 42טע שטראסע איז די גאנצע פלאט־פארמע ביים ארויסגאנג געמאכט געווארען אן אייננעבויגענע פלא־כע, און עס פערלייכטערט פיעל דעם קלעטערען ארויף און אראב. צו אנלאדען און אויסלאדען שווערע פעסער פון וואגאנען ווערען אויף יעדען שריט און טריט געברויכט אזעלכע אייננעבויגענע פלאטפאר־מען אדער ברעטער. עס ווערט אפטער געברויכט אין דעם פאל פון שווערע פעסער, ווייל די רייבונג צווישען די קיילעכדיגע פעסער און די אייננעבויגענע פלאכען איז קליין, אין דעם פאל פון אנדערע שווע־רע פעק ברויכט מען בעסער אנדערע איינפאכע מאשינען וואו די רייבונג איז אונבעדייטענד און שטערט ווענינער זייער מעכאנישען געווינס, ווי די אייננעבויגענע פלאכען. אויך ווען מען וויל אויפהוי־בען א זאך אויף וועלכע עס איז בעדייטענדע הויך, קען מען ווענינ בענוצען די אייננעבויגענע פלאכע. מיר האבען געזעהען אז אום צו האבען א גרויסען מעכאנישען געווינס דורך דיזע איינפאכע מאשין, מוז איהר הויך זיין וואס קלענער אין פערגלייך מיט דער אייננע־בויגענער פלאכע, פיעל מעהר נוטצען דאן די אנדערע איינפאכע מא־שינען ווי דער קלין און דער שרויף וואס שטאמען פון דער אייננע־בויגענער פלאכע.

עלפטער קאפיטעל

דער קלין און דער שרויף.

עס זיינען געווען בעווייזע פון היסטארישען כאראקטער צו מאַ־כען אונז גלויבען אז אין די עלטערע ציוויליזאציאנען האט דער קלין געשפיעלט א גרעסערע ראָליע ווי היינט. צווישען די רואינען פון די גאר גרויסע טעמפלען פון די אלטע ציוויליזירטע פעלקער אין אזיען און אפריקא, האט מען דאָ און דארט געפונען גרויסע קלינעס פון בראנזע. מאנכע דיינקען אז די וואונדערליך גרויסע שטיינער פון וועלכע די פיראמידען אין מצרים זיינען געבוים, זיינען אויפגעהויבען געווארען און אוועקגעשטעלט געווארען מיט דער הילף פון דעם קלין, היינט אין דער גיגאנטישער ענטוויקלונג פון מאשינעריי שפיעלט ער אפילו א קנאפע ראליע אין די גרויסע אינדוסטריען, אבער דאך צווישען די איינפאכע הויז־געצייג פערנעהמט ער נאך אלץ א געהויבענעם פלאץ. יעדער ביי זיך אין הויז ווייס גאנץ גוט דעם ווערטה פון א קלין, ווען ער וויל אונטערשפארען א שווערע שטיק מעבעל, אויסגלייכען א שווערען אלמער מיט ביכער, בעפעסטיגען טירען און פענסטער. אויסער דעם איז יעדער מעסער, האַק, ניט מעהר ווי א געוויסע פאַרמע פון א קלין, אם מייסטען איז דער קלין בעקאנט אלס דער אינסטרומענט צו שפאלטען גאנץ גרויסע קלעצער האָלץ. מען ברויכט נאר צו מאכען א קליינעם שפאלט אין דעם האלץ און דאן וועט שוין דער קלין טהאן טיכטיג זיין ארבייט, און אינגאנצען צושפאלטען די גרעבסטע שטיקער האָלץ. דערפאר וועלען מיר טאקע אנפאנגען גענויער צו בעטראכטען דיעזע איינפאכע מאשין און איהר שייכות מיט דער איינגעבויגענער פלאכע (פיג. 36

פיגור 36

דער שרויף מיט'ן קאלנער

שטעלט פאר דעם קלין ABO אין אנפאנג פון זיין ארבייט און דעמזעלביגען קלין A'B'C' א ווײלע שפעטער, ווען ער איז אויף א געוויסע שטרעקע אריינגעטריבען געווארען אין דעם האלץ. ביים ערשטען בליק אויף דעם קלין A B C קענט איהר גלייך דערקענען, אז דאס איז א דאפּעלטע איינגעבויגענע פלאכע, צוזאַ־זאמענגעשטעלט פון צוויי אזעלכע איינגעבויגענע פלאכען, וואס זיי־נען ווי צוזאמענגעשמאלצען אין מיטען אין דער ליניע D C נעהמט די העלפט פון דעם קלין, די פיגור A B D האט איהר א פאלקאמ־מענע איינגעבויגענע פלאכע, לעגט דאס אוועק אויף דער זייט C D האט איהר אלע בעקאנטע טיילען פון איהר, CD די באזע אדער די האריזאנטאלע ליניע AD די הויך אדער די ווערטיקאלע ריכטונג און AC די איינגעביינענע פלאכע; דאס זעלבע איז מיט דער אנ־דער העלפט BCD, זי האט די זעלבע באזע CD, בעהעפט זיי מיט זייערע באזען C D צוזאמען אין איין שטיק, פערשווינדעט די באזע CD און איהר בעקומט דעם קלין A BC וואס איז דער מעכאנישער ווערטה פון דעם קלין? אין די פריהערדיגע מאשינען האבען מיר געהאט צו טהאן מיט געוויכטען, דא האבען מיר צו טהאן מיט גאר אנאנדער מין קראפט. ביים שפאלטען די האלץ דארפען מיר בייקומען די קראפט וואס האלט צוזאמען די טיילען און טיילכעלעך

פון דעם האַלץ, די קראַפט וואָס מאַכט האַלץ פאַר א האַרטע זאַך. די קראַפט עקזיסטירט אין אַלע האַרטע זאַכען, אין איינע איז אַ גרע־סערער מאָס, און אין די אַנדערע אין אַ קלענערער, אין אייזען איז זי פיעל גרעסער ווי אין פּוטער, אָבער אָהן איהר וואָלטען דאָך קיין האַרטע זאַכען אויף דער וועלט ניט עקזיסטירט. ווי ארבייטען אין דעם פאַל די אַקטיווע קראַפט און די קראַפט וואָס מען וויל בייקו־מען? דער האַמער אָדער דער האַק, מיט וועלכען מען טרייבט דעם קלין אין די האַלץ אריין, די אַקטיווע קראַפט P אין דער פיגור ארבייט אין דער ריכטונג פון דער ליניע CD, דיזעלבע ליניע וואָס שטעלט פאַר די צוזאַמענגעשמאָלצענע פלאַכען אָדער די האָ־ריזאָנטאַלע ריכטונגען פון דעם קלין.

ווען דער קלין איז אריינגעטריבען דורך די אַקטיווע קראַפט אין דעם האַלץ און מיר שטעלען זיך אַב צו בעטראַכטען איהם ווען ער איז אין דער לאַגע פון $A'B'C'$, האָט די אַקטיווע קראַפט דורכ־געמאַכט די שטרעקע $C'D'$ ווי עס איז אַנגעצייגט מיט דער גע־פּינקטעלטער ליניע $C'D'$. וואָס פאַר א שטרעקע האָט אין דער צייט דורכגעמאַכט די צוזאַמענבינדענדע קראַפט פון דעם האַלץ, וועלכע דער קלין האָט בייגעקומען? די קראַפט דריקט אויףביידע זייטען פון דעם קלין און די שטרעקע וואָס זי האָט געמאַכט ווערט גע־מאָסטען דורך די ליניע ED' פון איין זייט און FD' פון דער אַנדער זייט.

די דאָזיגע צוויי ליניען זיינען ווערטיקאַל צו די זייטען פון דעם קלין, גראַדע ווי די ליניע פון א געוויכט איז אימער ווערטיקאַל צו דער האָריזאָנטאַלער פלאַכע.

יעצט קענען מיר גאַנץ גענוי אויסרעכענען דעם מעכאַנישען געווינס פון א קלין, די אַקטיווע קראַפט האָט דורכגע־מאַכט די שטרעקע פון $C'D'$, די קראַפט וואָס מיר ווילען בייקו־מען, דער דרוק פון דעם האַלץ אויף די זייטען פון דעם קלין האָט דורכגעמאַכט די שטרעקען ED' פון איין זייט און ED' פון דער אַנדער זייט, אַזוי ווי די שטרעקע $C'D'$ איז גרעסער פון ED' מוז די אַקטיווע קראַפט זיין אַזוי פיעל מאָל קלענער פון דעם דרוק פון דעם האַלץ, וויפיעל מאָל איהר שטרעקע CD' איז גרעסער פון דער ליניע ED' וואָס לענגער דער קלין, אַלץ גרעסער וועט זיין די

שטרעקע פון דער אקטיווער קראפט, און וואס נעהענטער די זייטען זיינען איינע צו די אנדערע, אדער וואס שפיציגער דער קלין, אלץ גרעסער וועט זיין דער מעכאנישער געווינס פון דיעזער איינפאכער מאשין. וואס איז א נאדעל, א נאגעל און יעדע שפיציגע זאך? ניט מעהר ווי א רונדער קלין. א ראזיר מעסער, אלע אנדערע פארמען פון שנייד־אינסטרומענטען, א האק, א הובעל א. ז. וו. זיינען אויך ניט מעהר ווי מעטאלענע קליגעס און וואס נעהענטער די צוויי איינ־געבויגענע פלאכען פון דיעזע שנייד־אינסטרומענטען, דאס וואס מיר רופען אייגענטליך שארף, אלץ ווענינער קראפט דארפען מיר ברוי־כען ביים שניידען די זאכען. געוועהנליך וואס שפיציגער דער קלין, וואס שארפער די שנייד אינסטרומענטען, וועלען זיך זייערע שפי־צען און זייערע שארפע ברעגעס לייכט ברעכען. א ראזיר מעסער קען האבען דעם שארפסטען ברעג זאלאנג ער דארף שניידען אזא לייכטע זאך ווי האר, מען קען איהם אבער ניט ברויכען פאר הארטערע זאכען.

פערגלייכענדיג דעם קלין מיט דער איינגעבויגענער פלאכע פון וועלכער ער שטאמט, קען מען אנדייטען אויף דעם אונטערשייד צווישען זיי אין צוויי פונקטען.

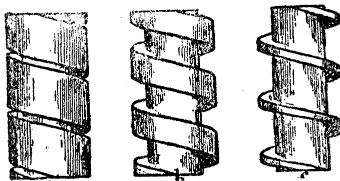
1) די איינגעבויגענע פלאכע אליין בעוועגט זיך דאך ניט, אי־בער איהר בעוועגען זיך די זאכען וואס מיר ווילען בייקומען, דער קלין ארבייט פערקעהרט, ער אליין, די איינגעבויגענע פלאכע זעלבסט הייסט דאס, בעוועגט זיך, און די זאך וואס מיר ווילען ביי־קומען בעוועגט זיך ניט. (2) אין דער איינגעבויגענער פלאכע ווי אויך אין די אנדערע מאשינען איז די רייבונג אימער בעטראכט געווארען אלס א שטער צו דער ארבייט, און מיר האבען געזוכט מיטלען ווי צו פערקלענערען די רייבונג; אין דעם קלין איז די ריי־בונג אי א שטער, אי א הילף.

ווען מיר גיבען א קלאפ דעם קלין מיט'ן האממער אום אריינ־צוטרייבען איהם אין די האלץ, מוז די קראפט בייקומען די ריי־בונג צווישען דעם קלין און דאס האלץ, און דא איז די רייבונג א שטער צו דער ארבייט גלייך מיט די אנדערע מאשינען, ווען איהר הויבט אבער אן צו געבען א צווייטען קלאפ, לאזט דיזעלבע רייבונג

דעם קלין ניט צוריקצוגעהען. די רייבונג העלפט דעם קלין אנצוהאל־טען פעסט דעם שטיקעל פראגרעם וואס ער האט געמאכט און לאזט דאס ניט אב ביז דער צווייטער שטוים פון האמער וועט איהם אריינ־טרייבען א טריט ווייטער אין האלץ א. ז. וו. אויך האבען מיר אלץ גערעדט וועגען קלינעס מיט איינגעבויגענע פלאכען פוןביידע זיי־טען, איז דאס דערפאר, ווייל מיר האבען געהאט אין זינען די גע־וועהנליכע נוטצען פון דעם קלין אין שפאלטען אדער שניידען, ווען די קראפט וואס מיר ווילען בייקומען רינגעלט איהם ארום פון פיע־לע זייטען, אדער פון צוויי זייטען. וואו מען ברויכט דעם קלין ניט צו שפאלטען און שניידען, האט ער ניט מעהר ווי איין איינגעבויגענע פלאכע. א קלין וואס שפארט אונטער א פענסטער, א שווערען אלמער א. ז. וו. האט טאקע מעהר ניט ווי אין איין זייט די איינגעבויגענע פלאכע און דא קען יעדער לייכט זעהען אז דאס איז דיזעלבע מאשין. עס בלייבט אונז נאר אנצוצייגען אויפ'ן צווייטען קינד פון דער איינ־געבויגענער פלאכע, דעם שרויף. אויב מיט'ן קלין קענען מיר נאר אויסגלייכען, אונטערשפארען שווערע זאכען, קענען מיר מיט דער הילף פון דעם שרויף הויבען די שווערסטע זאכען.

עס איז לייכט צו איבערצייגען זיך, אז דער שרויף שטאמט פון דער איינגעבויגענער פלאכע. שניידט אויס פון פאפיער אן איינ־געבויגענע פלאכע, די הויך זאל זיין א גאנץ קליינע, און וויקעלט דאס ארום א צילינדער, ארום א פענסעל, א פען־האלטער און איהר וועט גלייך דערזעהען די פארמע פון דעם שרויף (פיג. 37) די ספיראלע לי־ניען וואס שלענגלען ארום שטאמען פון דער איינגעבויגענער ליניע,

פיגור 37

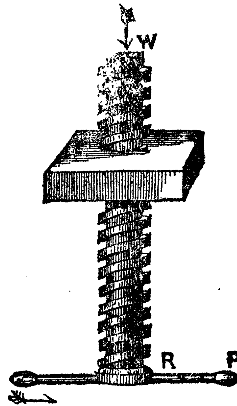


לינקס דער שרויף מיט די פעדים טיעף איינגעשניטען.
רעכטס און אין מיטען מיט בולטע פעדים פון פערשיידענע גרוים.

און די ווייטקייט פון איין שלענגעל ביז דעם אנדערן שטאמט פון דער ווערטיקאלער ריכטונג אדער דער הויך פון דער איינגעבויגענער פלא־ כע. די שלענגלען אדער די ספיראלען רופט מען די פעדים פון דעם שרויף. עס פערשטעהט זיך אז אוועקשטעלען דעם געוויכט אויף די שרויף־פעדים, ווי שטארק און ברייט די פעדים זאלען ניט זיין, וואלט געווען א ברכה־לבטלה, ווארים דער געוויכט וואלט זיך אראבגע־ גליטשט פון דעם שרויף פאדים און ארונטערגעפאלען אן א זייט.

די מייסטע שרויפען זיינען דערפאר בעזארגט מיט קאל־ נערס, אדער ווי זיי הייסען אין ענגליש נאטס. פיג. 38. דער קאל־

פיגור 38

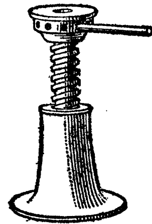


דער שרויף מיט'ן קאלנער

נער איז אינוועניג דערזעלבער שרויף, ווי דער שרויף אויף וועמען ער איז אנגעטהאן, נאר אזוי אז דער קאלנער מיט דעם שרויף פא־ סען זיך איין איינער אין דעם אנדערן. האט דער שרויף בולטע פע־ דים האט דער קאלנער איינגעשניטענע פעדים און פערקעהרט. דעם געוויכט וואס מען וויל הויבען לעגט מען אוועק אדער אויפ'ן קאל־ נער אדער אויפ'ן צילינדער זעלבסט און מען קען דרעהען אדער דעם קאלנער ארום דעם צילינדער, דאן דארף מען זעהען אז דער צילינדער זעלבסט זאל זיך ניט בעוועגען ארויף און אראב, אדער פערקעהרט.

דעם שרויף'ס מעכאנישען ווערטה איז לייכט אויסצו־
געפינען. צו איהר דרעהט דעם צילינדער אין דעם קאלנער און לאזט
דעם קאלנער זיך ניט דרעהען, צו איהר דרעהט דעם קאלנער ארום
דעם צילינדער, דארף אייער האנד אדער די אקטיווע קראפט מאכען
א פולען קרייז פון דעם צילינדער אדער פון דעם קאלנער, אין דער
צייט ווען דער געוויכט אדער די קראפט וואס מיר ווילען בייקומען,
וועט דורכמאכען נאר די קליינע שטרעקע וואס טיילט אב איין שרויף־
פאדים פון דעם אנדערען. דעם צילינדער פון דעם שרויף קען מען בע־
וועגען דורך א הענטעל, וואס איז דאס זעלבע ווי צו מאכען א קאמבי־
נאציע פון דעם ליווער און דעם שרויף. (פיג. 39) דאס איז די גע־

פיגור 39

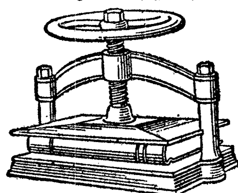


דער שרויף צו הייבען הייזער

וועהנליכע פארמע פון דעם שרויף מיט וועלכען מען הויבט אטאמא־
בילען, גאנצע הייזער. מאכט א רעכענונג נאך דעם געזעץ פון אר־
בייט נאך. אויב די הענטעל איז אפילו ניט מעהר ווי 2 פוס לאנג)
וועט די קראפט מאכען א רעדעל וואס מעסט ארום און ארום ניט
ווענינער ווי 12 פוס, אדער 144 אינטשעס. אין דער זעלבער צייט
וועט דער געוויכט זיך אויפהויבען ניט מעהר ווי אויף דער שטרעקע
וואס טהיילט איין שרויף־פאדים פון דעם אנדערען, לאמיר זאגען,
אז די ווייטקייט פון די פעדים איז א האלבער אינטש, דאן איז דער
מעכאנישער געווינס 288, דאס הייסט 10 פונט קראפט קען הויבען
כמעט 3000 פונט געוויכט, און ווען אפילו דורך די רייבונג, וועלכע
איז אין דער שרויף ניט ווענינער בעדייטענד ווי אין דעם קלין, זאל
פארלארען געהען א העלפט פון דעם געווינס, וועט דאס הייסען

אז א פונט אקטיווע קראפט דורך דער קאמבינאציע פון ליווער און שרויף קען הויבען 150 פונט געוויכט. א קראפט פון 100 פונט, א געוועהנליכע מענשליכע קראפט וועט קענען הויבען 15,000 פונט אדער 7 טאן. (פיג. 40) איז אנאנדער מין שרויף וואס מען ברויכט

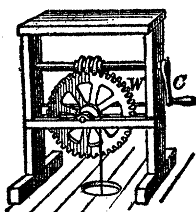
פיגור 40



דער שרויף אלס א פירעס

צוזאמענצופרעסען ביכער, פאפיער. דער צילינדער פון דעם פרעס־שרויף ווערט אויף געדרעהט אנשטאט א הענטעל דורך א גרעסערען ראד ווי דער צילינדער און דער געווינט איז דערזעלבער. איין פונט קראפט וואס בעוועגט דעם אויבערשטען ראד, מאכט אזוי און אזוי פיעל פונט דרוק אויף די ביכער, פאפירען און דאס גלייכען. אין דיעזע אלע ביישפיעלע האבען מיר די שרויפען מיט קאלנערס, אין פיג. 39 איז דער קאלנער דער אונטערשטער קאסטען. אין פיג. 40 זעהט איהר דעם קאלנער אין מיטען, און דורך איהם געהט דורך דער שרויף (פיג. 41) ציינט אן א קונציגען מעכאניזם א קאמבינאציע

פיגור 41



דער ווארם—ראד

פון א שרויף, א געקארבטען ראד און א הענטעל אדער ליווער. ער

הייסט דער ווארים־ראד, דער געקארבטער ראד גיט אונז די מעגליכ־
קייט צו געברויכען דעם שרויף אהן א קאלנער, און צו דער זעלבער
צייט פערגרעסערט ער נאך פיעל דעם מעכאנישען געווינס פון דעם
שרויף. מיט דעם גרויסען געזעץ פון נויטאן וועגען מאשין ארבייט
קענט איהר לייכט אויסרעכענען דעם געווונס. דער געוויכט הייננט
אויף דעם אקסעל פון דעם געקארבטען ראד, אויב דער געקארבטער
ראד וועט האבען למשל 100 ציינער אדער קארבען, וועט די הענ־
טעל אדער דער ליוווער C מאכען 100 קרייזען ביז דער אקסעל וועט
זיך איינמאל ארומדרעהען ארום און ארום. דעם מעכאנישען גע־
ווינס קען מען דערמיט מאכען משונה'דיג גרויס, דערפאר וועט זיך
דער געוויכט הויבען זעהר און זעהר לאנגזאם.

אין די העכסט קאמפליצירטע מאשינען וועט איהר געפינען
די אנווענדונג פון דיזע איינפאכע מאשינען אדער זייערע קאמבי־
נאציעס. איך האף אז מיר איז געלונגען בעקאנט צו מאכען דעם
איינפאכסטען לעזער מיט דער הילף וואס די איינפאכע מאשינען
גיבען אונז אין ארבייט און מיט נויטאנ'ס וויכטיגען געזעץ פון זיי־
ער ארבייט, דער געזעץ וואס גיט אונז די מעגליכקייט לייכט צו בע־
גרייפען און פאראויסרעכענען זייער מעכאנישען געווינס.